

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

«На правах рукопису»  
УДК 621.941

До захисту допущено  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_  
(підпис) В.Б.Струтинський  
(ініціали, прізвище)  
“ ” \_\_\_\_\_ 2018 р.

**Магістерська дисертація**  
**на здобуття ступеня магістра**  
**зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування**

на тему **Розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки**

Виконав: студент \_\_\_\_\_ ІІ курсу, групи МВ – 71мп

Вінницький Павло А.

\_\_\_\_\_  
(прізвище ім'я по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Науковий  
керівник

Доцент Литвин О.В.

\_\_\_\_\_  
(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант  
розділу

з

\_\_\_\_\_  
(вчена ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Рецензент:

Доцент каф. ТМ Лапковський С.В.

\_\_\_\_\_  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 2018

**Національний технічний університет України**  
**“Київський політехнічний інститут**  
**ім. Ігоря Сікорського”**  
**Механіко-машинобудівний інститут**  
**Кафедра конструювання верстатів та машин**

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-науковою  
програмою

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація «Металорізальні верстати та системи»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

В.Б.Струтинський  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2018 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Вінницький Павло А.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації **Розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки**

науковий керівник дисертації **доцент Литвин О.В.**

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від **“15” листопада 2018 року № 934-с**

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження **роботизовані виробничі системи в машинобудуванні.**

4. Предмет дослідження **процеси в затискних механізмах та вузлах верстата**

5. Перелік завдань, які потрібно розробити *Аналіз двошпиндельних верстатів; Постановка задачі дисертаційних досліджень; Особливості побудови та використання роботизованих виробничих систем; Загальна характеристика верстата та його конструктивні особливості; Основні конструктивні особливості верстата ; Допоміжне обладнання верстата; Дослідження механізмів верстатної системи та її розрахунок; Опис об'єкта закріплення; Розробка технологічного процесу обробки деталі «поршневе кільце»; Розрахунок максимального режиму різання; Проектування приводу головного руху; Розрахунок приводу головного руху; Модернізація коробки швидкостей; Розрахунок зубчасто-пасові передачі; Моделювання роботи механізмів верстата; Математична модель визначення приведеної жорсткості штокового патрона; Силовий розрахунок затискного патрону для лівого шпинделя; Силовий розрахунок розтискного патрону*

**6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу** *Верстат. Загальний вигляд (1 ф-та А1). Накопичувач (1 ф-та А1). Накопичувач готових виробів (1 ф-та А1). Привод затискних патронів (1 ф-та А1). Вивантажувач (1 ф-та А1). Завантажувач (1 ф-та А1). Патрон затискний (1 ф-та А1). Комплект оснащення на лівому шпинделі (1 ф-та А1). Комплект оснащення на правому шпинделі (1 ф-та А1). Маніпулятор (1 ф-та А1). Патрон розтискний (1 ф-та А1).*

**7. Орієнтовний перелік публікацій** О. В. Литвин, П.А. Вінницький Розтискний патрон для токарної обробки поршневих кілець компресорів та гідравлічних приводів / XIX міжнародна науково-технічна конференція АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». Матеріали конференції. – Вінниця: ГЛОБУС – ПРЕС, с.65-67.

Вінницький П. А., Литвин О.В. Конфлікт географічних зазначень та торгівельних марок: практика судових рішень в Україні / «Законодавство України у сфері інтелектуальної власності та його правозастосування: національні, європейські та міжнародні виміри»: збірник наукових праць V Всеукраїнської науково – практичної конференції (м. Київ, 28 вересня 2017 р.) - НДІ інтелектуальної власності НАПрН України. –К.: Інтерсервіс, 2017. –с.20-23.

Литвин О.В., Вінницький П.А. Використання баз судових рішень щодо експертизи інтелектуальної власності / Законодавство України у сфері інтелектуальної власності та його правозастосування: національні, європейські та міжнародні виміри: збірник наукових праць VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів з проблем інтелектуальної власності (м. Київ, 27 вересня 2018 р.) / НДІ інтелектуальної власності НАПрН України. К. : Інтерсервіс, 2018. 158 - 160 с.

#### **8. Консультанти розділів проекту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
<b>1</b>	<u>Аналіз верстатів з ЧПК двошпиндельних</u>	1-й тижд.	
<b>2</b>	<u>Обґрунтування модернізації верстатат</u>	2-й тижд.	
<b>3</b>	<u>Розрахунок максимального режиму різання.</u> <u>Технологічний процес обробки.</u>	3-й тижд.	
<b>4</b>	<u>Вибір приводу головного руху</u>	4-й тижд.	
<b>5</b>	<u>Креслення верстату. Загальний вигляд</u>	5-й тижд.	
<b>6</b>	<u>Креслення накопичувача</u>	5-й тижд.	
<b>7</b>	<u>Креслення накопичувача готових виробів</u>	6-й тижд.	
<b>8</b>	<u>Креслення приводу затискних патронів</u>	6-й тижд.	
<b>9</b>	<u>Креслення вивантажувач</u>	7-й тижд.	
<b>10</b>	<u>Креслення завантажувача</u>	7-й тижд.	
<b>11</b>	<u>Креслення патрону затискного</u>	8-й тижд.	
<b>12</b>	<u>Креслення уомплект оснащення на лівому шпинделі</u>	8-й тижд.	

Студент \_\_\_\_\_ Вінницький П.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації \_\_\_\_\_ Литвин О.В.

## АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Основний текст складається зі 88 сторінок, включає в себе 15 таблиць і 66 рисунків.

Розроблена конструкція двохшпindelного верстата з ЧПК для повної комплексної обробки деталі кільце з обох сторін з додатковим обладнанням: оригінальні затискні патрони для лівого та правого шпинделів для закріплення комплектної заготовки кільця, накопичувач та вивантажувач заготовок, що значно підвищує продуктивність та точність обробки деталей масової номенклатури таких як поршневі кільця двигунів, компресорів з врахуванням особливостей технології обробки нежорстких легкодеформованих деталей. Розроблена модель визначення приведеної жорсткості затискного патрона.

**Ключові слова:** верстат, обробка, затискний патрон, шпindel, точність, токарна обробка, кільце.

## АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Основной текст состоит из 88 страниц, включает в себя 15 таблиц и 66 рисунков.

Разработанная конструкция двухшпindelного станка с ЧПУ для полной комплексной обработки детали кольцо с обеих сторон с дополнительным оборудованием: оригинальные зажимные патроны для левого и правого шпинделей для закрепления комплектной заготовки колец, накопитель и выгрузчик заготовок, что значительно повышает производительность и точность обработки деталей массовой номенклатуры таких как поршневые кольца двигателей, компрессоров с учетом особенностей технологии обработки нежестких легкодеформованных

деталей. Разработана модель определения приведенной жесткости зажимного патрона.

Ключевые слова: станок, обработка, патрон, шпиндель, точность, токарная обработка, кольцо.

## SUMMARY

The master's dissertation consists of an introduction, four sections, conclusions, list of used literature. The main text consists of 88 pages, includes 15 tables and 66 drawings.

The design of a two-spindle CNC machine for complete complete processing of the part ring on both sides with additional equipment: original clamping chucks for left and right spindles for fastening the complete rigging, storage and batch discharger, which greatly increases the productivity and precision of machining parts of mass nomenclature such as piston rings of engines, compressors taking into account peculiarities of the technology of processing of non-rigid easily deformed parts. A model for determining the reduced hardness of the clamping cartridge is developed.

Key words: machine, processing, clamping chuck, spindle, precision, turning processing, ring.

## Розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки

	ЗМІСТ.	
	Вступ	8
1	Аналіз сучасного стану роботизованих виробничих систем та постановка задачі дисертаційних досліджень	11
1.1.	Аналіз двошпиндельних верстатів	11
1.2.	Постановка задачі дисертаційних досліджень	15
2.	Особливості побудови та використання роботизованих виробничих систем	16
2.1.	Загальна характеристика верстата та його конструктивні особливості	16
2.2.	Основні конструктивні особливості верстата	21
2.3.	Допоміжне обладнання верстата	27
2.4.	Привод головного руху	36
2.5.	Схема роботи маніпулятора	40
3.	Дослідження механізмів верстатної системи та її розрахунок	46
3.1.	Опис об'єкта закріплення	46
3.2.	Розробка технологічного процесу обробки деталі «поршневе кільце»	47
3.3.	Розрахунок максимального режиму різання	52
3.4	Проектування приводу головного руху	55
3.4.1	Розрахунок приводу головного руху	55
3.4.2.	Модернізація коробки швидкостей	57
3.4.3.	Розрахунок зубчасто-пасові передачі	60
4.	Моделювання роботи механізмів верстата	61
4. 1	Математична модель визначення приведеної жорсткості штокового патрона	61
4.2	Розрахунок затискного патрону для першої позиції	65
4.3.	<b>Розрахунок розтискного патрону для шпинделя другої позиції</b>	<b>68</b>
4.3	Розрахунок зусилля затиску заготовки у патроні	72
<b>4.</b>	<b>Розробка стартап проекту «розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки»</b>	<b>74</b>
<b>4.1.</b>	<b>Опис Ідеї проекту</b>	<b>74</b>
5	Висновки	76
6	Список літератури	77
7	Додатки	96

## **ВСТУП**

Сучасні токарні верстати є інноваційними та багатофункціональними, мають багато допоміжних вузлів. Токарний двохшпиндельний верстат з ЧПУ представити у вигляді двох одношпиндельних верстатів, розміщених на одній основі. За рахунок використання двох шпинделів одночасно досягається висока концентрація операцій, що значно підвищує продуктивність обробки.

**Метою магістерської дисертації** на тему «Розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки» є розробка інноваційного токарного верстата з двома вертикальними шпинделями з оригінальними затискними патронами. Верстат повинен бути оснащений магазином – накопичувачем заготовок, маніпулятором для завантаження та передачі між шпинделями заготовок. Верстат повинен бути оснащений також пристроєм вивантаження оброблених заготовок.

**Об’єкт дослідження** – автоматизовані виробничі системи в машинобудуванні.

**Предмет дослідження** –пошукового процеси і механізми технологічних виробничих систем

Методи дослідження – методи технічної творчості та пошукового конструювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання:**

- проаналізувати особливості побудови та використання виробничих автоматизованих систем;
- розглянути стан пошукового конструювання та моделювання виробничих систем в верстатобудуванні;
- розглянути методи розрахунку роботи виробничих систем;



– провести вибір ефективної конструкції автоматизованої виробничої системи на базі верстата з ЧПК.

**Наукова новизна** роботи полягає в наступному:

– створено методику проектування двохшпindelного верстата з ЧПК для повної комплексної обробки деталі «поршневе кільце» з додатковим обладнанням

-виконано функціональний аналіз складних автоматизованих виробничих систем верстатобудування;

– створено математичну модель розрахунку приведеної жорсткості затискного патрона.

-розроблено інноваційні конструкції накопичувача заготовок, маніпулятора, накопичувача готових виробів, вивантажувача, завантажувача, оригінальних затискних патронів.

Графічна частина дисертації містить листи:

-Загальний вигляд автоматизованої виробничої системи

-Шпindelні вузли.

-Комплект інструментів на правому та лівому шпindelях

-Кантувач заготовок.

-Завантажувач заготовок

-Накопичувач заготовок

-Вивантажувач готових виробів.

В процесі роботи над дисертаційною роботою зроблені наступні публікації [35-37].

# **1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОБОТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДИСЕРТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

## **1.1. Аналіз двошпиндельних верстатів**

Промисловістю зарубіжних країн випускається багато конструкцій токарних вертикальних двошпиндельних верстатів з ЧПУ. Перед проектуванням верстату були проаналізовані технологічні можливості аналогічних двошпиндельних верстатів. В результаті пошуку в мережі Інтернет та подальшого аналізу проаналізовані наступні конструкції.

Вибрано вертикальне компонування двошпиндельного верстата..

Розроблена конструкція верстата має наступні переваги:

- менша площа верстата в плані
- робоча зона доступна для автоматичного завантаження заготовки;
- при базуванні та затиск оброблюваної деталі вона спирається на базові поверхні;
- відсутність прогину робочого шпинделя під дією сили ваги , маси оброблюваної деталі і маси затискного патрона;
- зручне завантаження і розвантаження габаритних заготовок за допомогою різних засобів в горизонтальній площині
- відсутності зверху над затискним патроном елементів огорожі;
- низькі затрати на установку, бо спеціальний фундамент не потрібен.

Ці переваги в 2-х шпиндельних верстатах проявляються в двохкратному розмірі. Тому розробка їх конструкцій та вдосконалення є актуальною задачею для машинобудування.

З патентно – інформаційних та літературних [1-23] джерел [33] знайдені та проаналізовані подібні конструкції вертикальних 2-х шпиндельних верстатів з ЧПУ. Типові компонування їх наведені на рис. 1.1. Вони відрізняються способом передачі заготовок між шпинделями. Більш

раціональна друга схема з використанням завантажувача і вивантажувача простих, передачі столом рухомим.

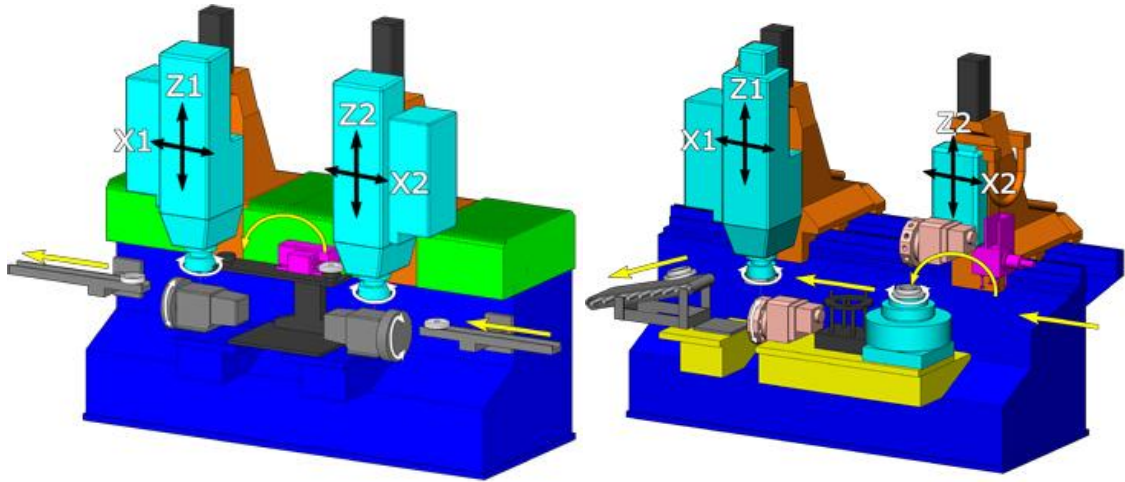


Рис. 1.1. Компонування сучасних в вертикальних 2-х шпindelьних верстатів [38]

Для обробки деталей в автомобілебудуванні використовують верстат мод. 450vt. Його використовують в автомобілебудуванні для виготовлення алюмінієвих дисків.



Рис. 1.2. Вертикальний двохшпindelьний токарний верстат мод. 450v" [39]

Верстат оснащений двома рухомими шпindelьними головками встановленими на колонах, які базуються на поздовжніх санчатах (каретках). Оброблювані деталі

закріплюються на шпинделях і обробляються за допомогою револьверних головок. Компонування верстата забезпечує можливість створення технологічного потоку оброблюваних деталей.



Рис.1.3. Верстат вертикальний двохшпindelний з ЧПУ моделі 500VT x39i

Верстат 500V призначений для високопродуктивної токарної обробки деталей типу фланець, диск гальмівний, шестерня, втулка діаметром до 300 мм і 35 Н з різних конструкційних матеріалів в умовах серійного виробництва.

Верстат 500VT дозволяє

-незалежну обробку двома шпинделями;

Обробку деталі з двох сторін за один цикл;

-автоматизоване завантаження і вивантаження деталей; .

Технічні дані вертикального двохшпindelного верстата з ЧПУ моделі 500VT

Параметри обробки :	
Найбільший діаметр деталі	300 мм
Найбільша висота оброблюваної деталі	120 мм
Найбільша маса оброблюваної деталі	35 Н
Поперечне переміщення X-санчат	
- ліва (ось X1)	1920 мм
- права (вісь X2)	900 мм

Вертикальне переміщення, мм	
- ліва (бабка шпинделя (вісь Z1))	400 мм
- права (револьверна головка (вісь Z2))	400 мм
Маса (з приставним устаткуванням)	11500 Н
Габаритні розміри, мм (з приставним устаткуванням)	
- ширина, мм	6200 мм
- довжина, мм	3700 мм
- висота, мм	3300 мм

Система управління SIEMENS: ЧПУ SINUMERIK802D, Привід SIMODRIVE 611D.

Згідно технічного завдання на розробляемому верстаті необхідно вміти обробити комплектну заготовку. Це заготовка для поршневих кілець для Львівського мотороремонтного заводу. Двигуни для призначенні транспортної техніки, в т.ч. військової. Раніше для обробки цих виробів використовували 2 токарні верстати. Кільця на токарному верстаті оброблялись по одному. Ця технологія була дуже затратною в часі і непродуктивною. Мета даної роботи полягала якраз в тому, щоб знайти конструктивне та технологічне рішення цього питання.

За прототип вибрано вертикальний двохшпиндельний токарний верстат з ЧПК мод. ПАБ 350. В даному верстаті було спроектовано новий привід головного руху, модернізовано дві шпиндельні бабки, спроектовано накопичувач заготовок. Крім того розроблена конструкція вивантажувача готових деталей та інноваційні конструкції затискних патронів, Розроблена схемна конструкція маніпулятора для передачі заготовок між шпинделями. Він закріплено на зварному кронштейні на корпусі бабки.

## **1.2. Постановка задачі дисертаційних досліджень**

На основі системного підходу та аналізу існуючих виробничих систем розробити наступні елементи верстата:

– створити передумови проектування двохшпindelного верстата з ЧПК для повної комплексної обробки деталі «поршневе кільце» з додатковим обладнанням

виконати функціональний аналіз складних роботизованих виробничих систем;

– створити розрахунково-математичну модель розрахунку приведеної жорсткості затискного патрона.

розробити накопичувач заготовок, маніпулятор, накопичувач готових виробів, вивантажувач, завантажувач, оригінальні затискні патрони для лівого та правого шпинделів

## 2. Особливості побудови та використання роботизованих виробничих систем

### 2.1. Загальна характеристика верстата та його конструктивні особливості

Верстат прототип вертикальної компоновки, має зварну основу 3, на якій розміщено стіл дві шпиндельні бабки 1 та 2 (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд верстату і осі координат <https://stanok-kpo.ru/spravochnik/stanki-sovetskie-rossiyskie-importnye-spravochnaya-informatsiya/pab-350.html>

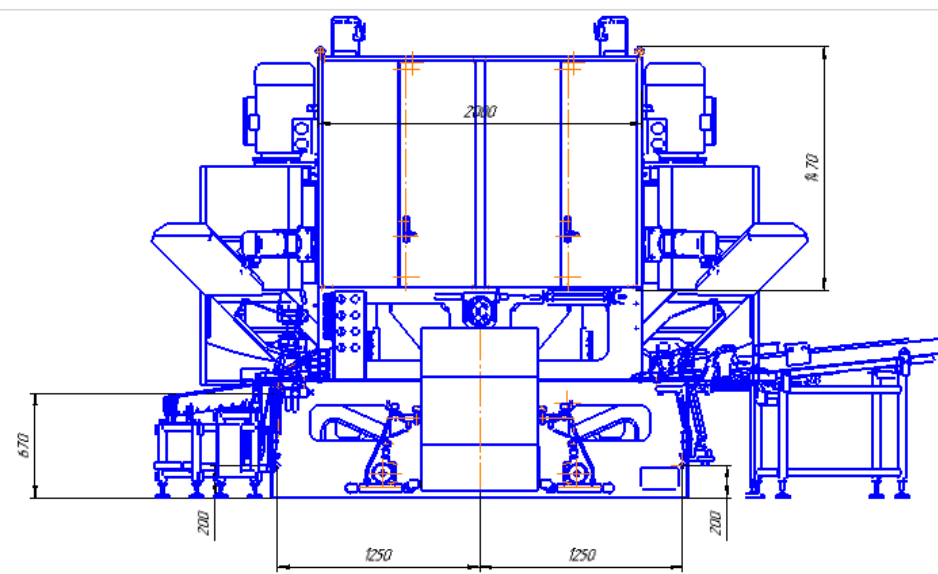


Рис. 1.5. Зовнішній вигляд модернізованого верстату

Система керування забезпечує незалежне обертання по осях C1, C2 і переміщення робочого органа по осях X1, X2 і Z1, Z2 двох шпинделів, це дозволяє використовувати сучасні прогресивні режими різання і повністю використовувати потенціал ріжучого інструменту провідних світових виробників (Sandvik, Kennametal) з одночасним подрібленням стружки і вводити корекцію інструменту незалежно на обох шпинделях.

На станині верстата нерухомо встановлені співвісно дві шпиндельні бабки з горизонтальним розташуванням шпинделів так, що затисні патрони розміщені один проти одного. Шпинделі в бабках приводяться в рух окремими асинхронними двигунами, які керуються системою ЧПК за допомогою блоку частотного регулювання. У просторі між шпиндельними бабками розташований хрестовий супорт, що керується системою ЧПК. Супорт забезпечує обробку деталей на двох шпинделях. При цьому його конструкція забезпечує обробку всіх типів циліндричних деталей без застосування револьверних головок.

Верстат має систему автоматичної подачі заготовок і деталей до шпинделя. Система складається з вхідного лотка (транспортера), маніпуляторів установлених на лівій і правій шпиндельних бабках, системи лотків (транспортерів), яка забезпечує передачу напівфабрикату з одного шпинделя на інший, і вихідного лотка (транспортера). При цьому система передачі напівфабриката забезпечується поворотом і подачею його на другий шпиндель в орієнтованому положенні. Робота системи програмується так, щоб виключити простій робочих органів верстата (шпинделів, їх привода, хрестового супорта і системи ЧПК) на загрузку і вивозку деталей із затисних патронів.

Компоновка верстата і оснащення забезпечують надійний відвід стружки з робочої зони, який забезпечується стрічковим транспортером. Також можливо використовувати варіант з системою централізованого стружковідведення.



Верстат комплектується індивідуальною системою подачі ЗОР. Конструкція щитків огороження забезпечує надійну герметизацію робочої зони верстата. Є можливість підключення верстата до централізованої системи подачі ЗОР. При необхідності верстат може бути підключений до системи витяжної вентиляції. Верстат обладнаний системою керування Siemens Sinumerik 840DI, цифрові приводи Simovert і Simodrive 611UE. Електроустаткування фірми Schneider забезпечує функціонування всіх вузлів. Пневматика фірми Camozzi, Festo переміщує робочі органи., Переміщення робочих органів відбувається по напрямним кочення фірми Bosch Rexroth .

Технічна характеристика верстата приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Технічна характеристика токарного верстата

		ПАБ-350
Найбільший діаметр обробки	мм	100
Переміщення по осі X	мм	200
Переміщення по осі Z	мм	350
Відстань між торцями шпинделів	мм	810
Діаметр передньої шийки шпинделя	мм	80
Діаметр отвору в шпинделі	мм	45
Діаметр затискного патрона	мм	130
Крутний момент на шпинделі	Нм	160
Головний привод		асинхронний з частотним регулюванням
Потужність двигуна головного руху	кВт	11
Діапазон частоти обертів шпинделя	об/хв	100-4000
	в	
Швидкість прискореного ходу на осі X	м/хв	15
Швидкість прискореного ходу на осі Z	м/хв	20
Зусилля подачі на осі X	Н	8000
Зусилля подачі на осі Z	Н	10000
Дискретність задання переміщень по осі X	мм/і	0,001
	мп	
Дискретність задання переміщень по осі Z	мм/і	0,001
	мп	
Інтерполяція		лінійна і кругова

Габарити верстата (довжина x ширина x висота)	мм	2750 x 1800 x 1800
Маса	кг	2000
Характеристика системи ЧПК		
Найменування параметра і розміру	Величина	
1. Позначення ЧПК	siemens sinumerik 802D	
2. Кількість керованих координат	2	
3. Найбільша кількість керованих координат	4	
4. Дискретність задання переміщення, мм/імп		
- поздовжніх	0,001	
- поперечних	0,001	
5. Максимальне програмоване переміщення, дискрет	9999999	
6. Система відліку	Абсолютна і в приращеннях	
7. Границі програмованих переміщень, мм		
- поздовжніх	20000	
- поперечних	20000	
8. Ввід даних	3 клавіатури	
9. Живлення		
- вид струму	Постійний	
- напруга, В	24	
- потужність, Вт	75	
- потрібна стабільність напруги, %	5	

## 2.2. Основні конструктивні особливості верстата

Основні конструктивні особливості верстата наступні. Блок інструментів розміщений на жорсткому кронштейні. Він встановлений на станині верстата. Кронштейн містить жорстко закріплену напрямна для оснащення. Інструмент фіксується на напрямній. Кронштейн споряджений поздовжніми Т-подібними пази для розміщення оснащення.

Прив'язка інструменту до системи координат верстата відбувається за допомогою нового датчика дотику. Розміщення датчика на лівій і правій шпиндельній бабці дозволяє жорстко зафіксувати їх на основи для базування. В якості чутливого елементу використовується щуп мод. ТТ 130 фірми "HEIDENHAIN".

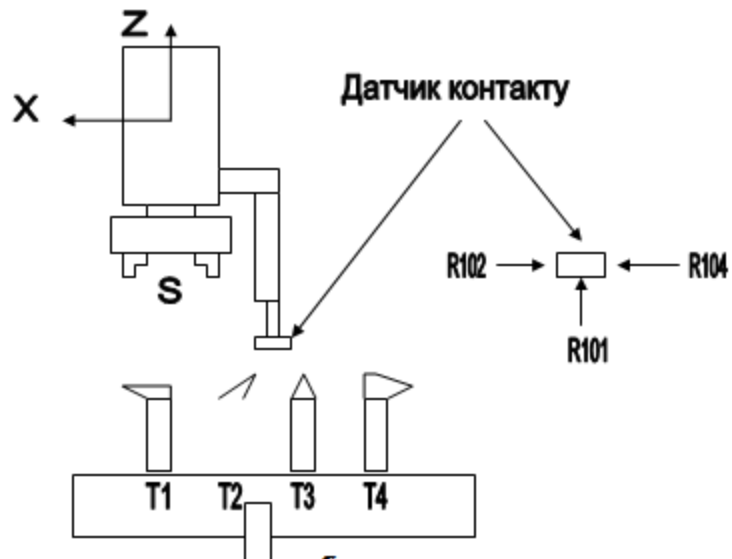


Рис.1.6. Схема виміру інструменту

*Основні вузли.* Шпиндель поз.1 порожнистий, двухопорний, включає у свій склад механізм попереднього затиску патрона, механізм гальмування і включення обертання.

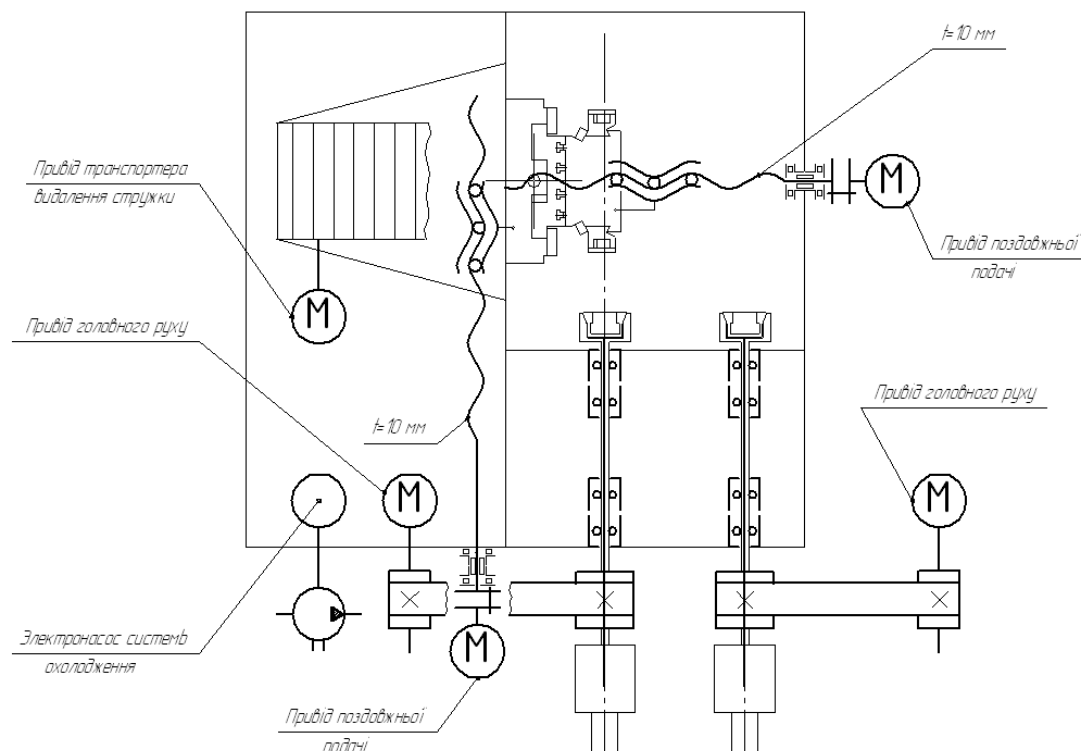


Рис.1.7. Кінематична схема верстата ПАБ 350

Шпиндель розміщений у вертикальному розточеному отворі станини перпендикулярно передньої поверхні останньої. Передня опора виконана на зстроєних дуплексированих підшипниках, три радіально-упорні підшипники № 125 в передній опорі, встановлені по схемі триплекс (поз.120) з точними постановочними кільцями між ними поз. 15, 16, 17, 18. з торця закриті захисними кришками 13. Підшипник захищений відбійником поз.2, лабіринтовим ущільненням, виконаним у голові шпинделя, фланці, що кріпить зовнішнє кільце підшипника в станині, і кільці, що закріплюється на шпинделі стопорними гвинтами через кульки.

Задня опора – два радіально-упорні підшипники № 125, встановлені по схемі дуплекс-О (поз.121), з торця закриті захисними кришками 23, регулювання зазору здійснюється гайкою 23, що переміщує внутрішнє кільце через через прошліфове кільце 25.

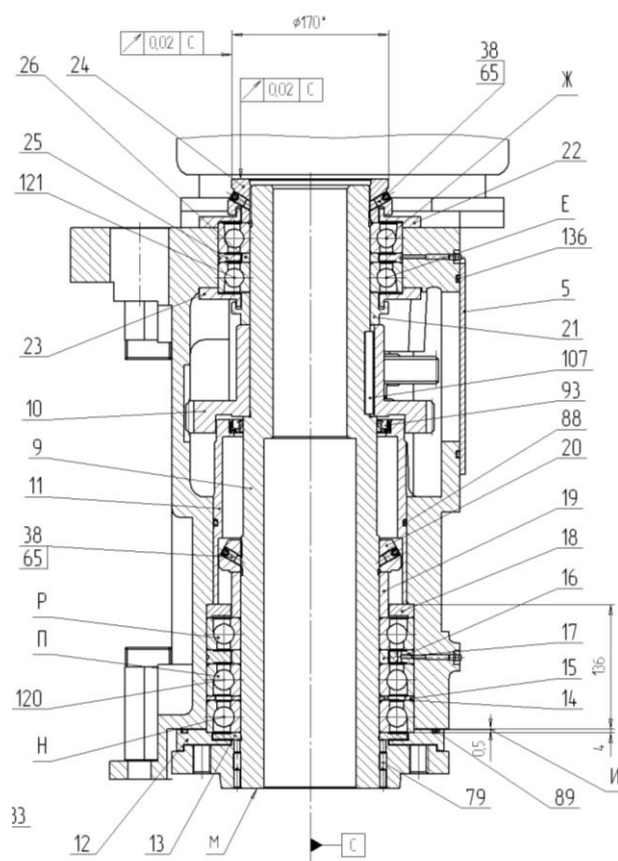


Рис.1.8. Шпиндель верстата

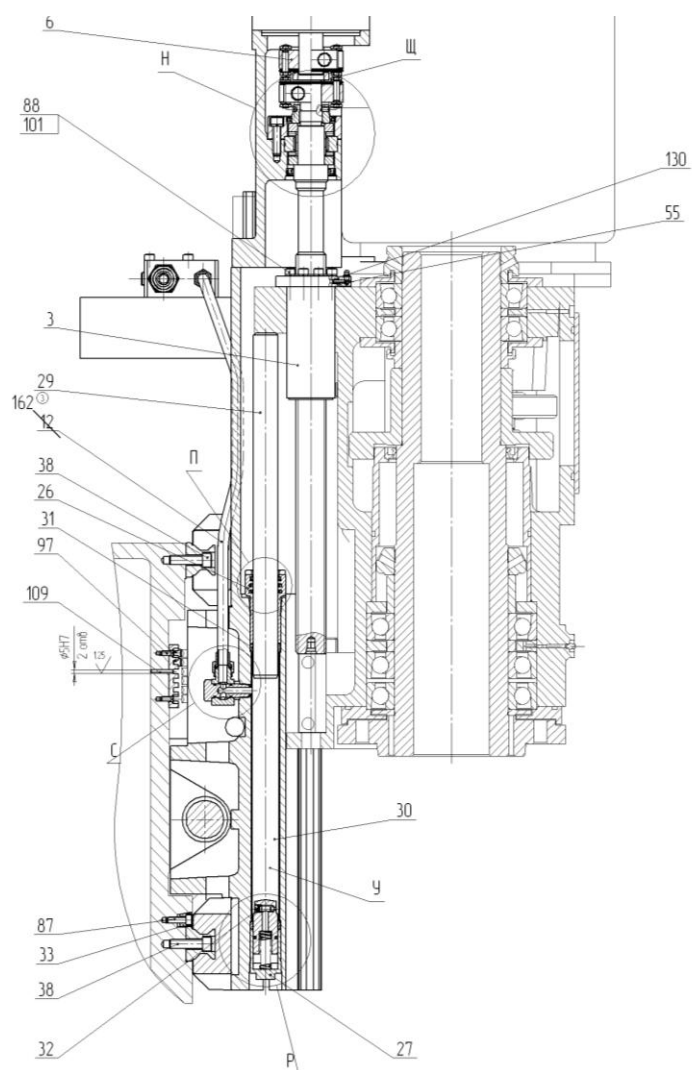


Рис.1.9. Привід вертикальних подач

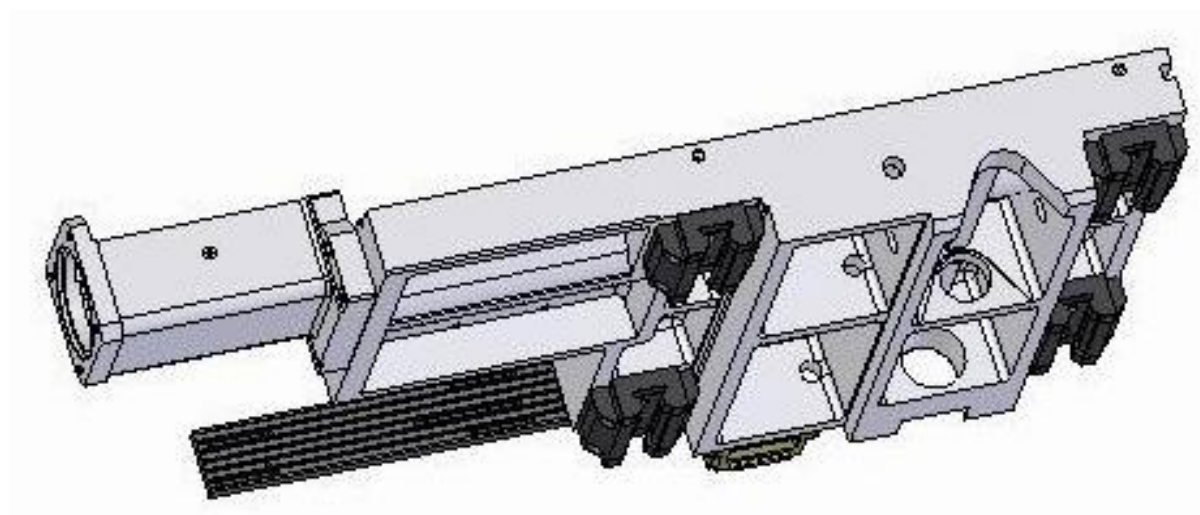


Рис. 1.10. Конструкція 3D правого супорта верстата

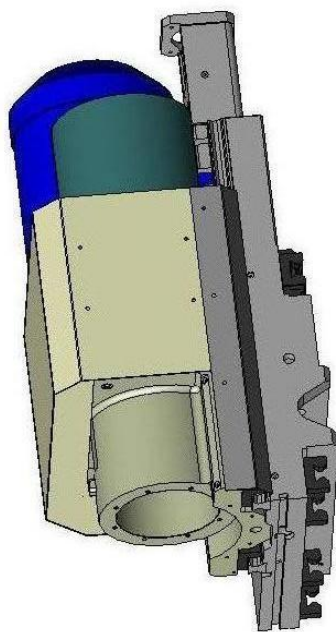


Рис. 1.11. 3D конструкція супорта верстата в зборі шпиндельною бабкою

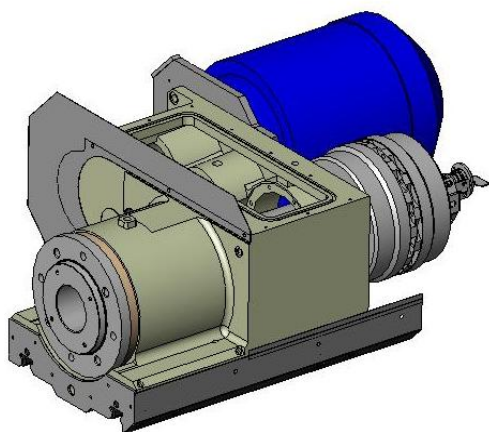


Рис. 1.12. 3D конструкція шпиндельної бабки верстата

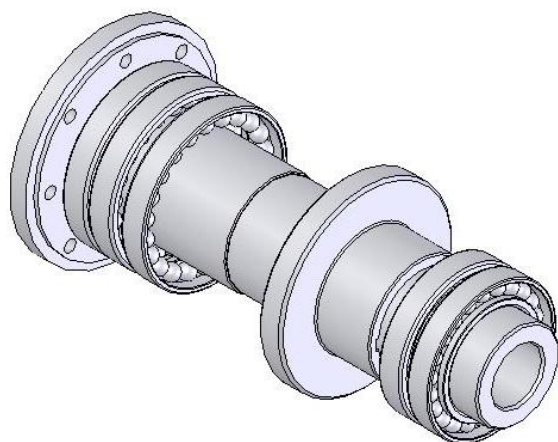


Рис. 3.13. 3D конструкція шпиндельного вузла верстата

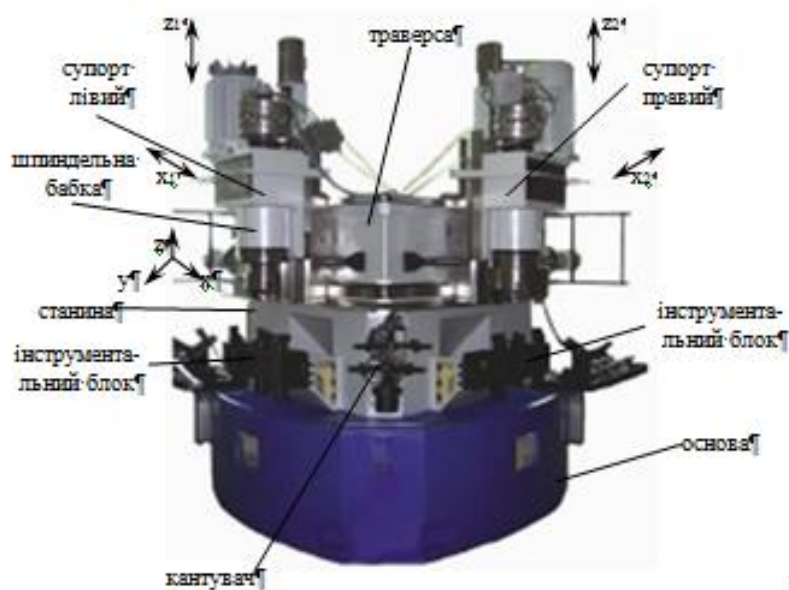


Рис. 1.14. Основні вузли верстата

[http://161.b-](http://161.b-i.com.ua/stanok_toka_yj_pab_350_s_chpu_vertikalnyj_dvuhshpindelnyj_dlja_obrabotki_s_vysokoj_tochnostju_i_nadezhnostju_v_uslovijah_melko_sredne_krupn-p3841.html)

[i.com.ua/stanok\\_toka\\_yj\\_pab\\_350\\_s\\_chpu\\_vertikalnyj\\_dvuhshpindelnyj\\_dlja\\_obrabotki\\_s\\_vysokoj\\_tochnostju\\_i\\_nadezhnostju\\_v\\_uslovijah\\_melko\\_sredne\\_krupn-p3841.html](http://161.b-i.com.ua/stanok_toka_yj_pab_350_s_chpu_vertikalnyj_dvuhshpindelnyj_dlja_obrabotki_s_vysokoj_tochnostju_i_nadezhnostju_v_uslovijah_melko_sredne_krupn-p3841.html)

Галузь призначення верстата може бути істотно розширена за рахунок застосування наступних додаткових елементів:

- приводних (обертових) інструментів,
- встановлення однієї або декількох револьверних головок.

Верстат оснащений комплектною системою ЧПУ SINUMERIK-840DI з цифровими приводами осей і шпинделів. Система ЧПУ SINUMERIK-840DI відноситься до сімейства компактних систем виконаних за технологією “CNC on PC”, і є пристроєм, що складається з рідкокристалічного дисплея з функціональною клавіатурою, обчислювального блоку, блоку живлення і платні входів-виходів контролера. З тильної сторони процесорного блоку розташовані роз'єми для підключення електроживлення 24 В постійного струму, клавіатури, польових шин стандарту PROFIBUS DP і MPI, і послідовного інтерфейсу стандарту RS232C.

Інтегрований логічний програмований контролер забезпечує підтримку модулів дискретних входів-виходів PP 72/48, до кожного з яких

можна підключити 72 входи і 48 виходів постійного струму з рівнем сигналів 24 В постійного струму. Два модулі підключені до магістралі PROFIBUS DP і розташовані в шафі з електроустаткуванням. Електроживлення модулів здійснюється від джерела 24 В постійного струму. В базовому виконанні верстата датчиків зворотного зв'язку не мають. Блок приводів включає вхідний фільтр і дросель, що погоджує, регенеративний блок живлення, два однокоординатних блоки управління моторами шпинделів, блок моніторингу і два двохосьові блоки управління моторами осей, об'єднані між собою інформаційною і силовою магістралями. Окрім електроприводів і системи ЧПУ електроустаткування включає також:

Електроустаткування верстата виконана відповідно до вимог МЕК, і ГОСТ 12.2.009-80, ССБТ «Верстати металообробні. Загальні вимоги безпеки». Електроустаткування верстата працює від мережі трифазного змінного струму з лінійною напругою 380 У и частотою 50Гц із глухої-глухої-заземленої нейтралю.

На верстаті використовується змінний і постійний струм з наступними параметрами:

- 380В, 50Гц - ланцюга живлення сервоприводів осей і шпинделів, а також двигунів транспортера й насосів подачі СОЖ;

- 220В, 50Гц - ланцюга живлення ламп висвітлення верстата, стабілізованих блоків харчування постійного струму 24У для входів і виходів і блоку харчування системи ЧПУ з резервуванням для забезпечення коректного завершення роботи.

- 24В постійного струму - живлення системи ЧПУ, плат дискретних входів-виходів, вхідних і вихідних ланцюгів і світильників електрошафи.

### **2.3. Допоміжне обладнання верстата**

Допоміжне обладнання верстата призначене для завантажування - вивантажування деталей та транспортування між шпинделями. До нього



відносять: накопичувач заготовок і деталей, маніпулятор, кантувач, захвати та транспортер видалення стружки.

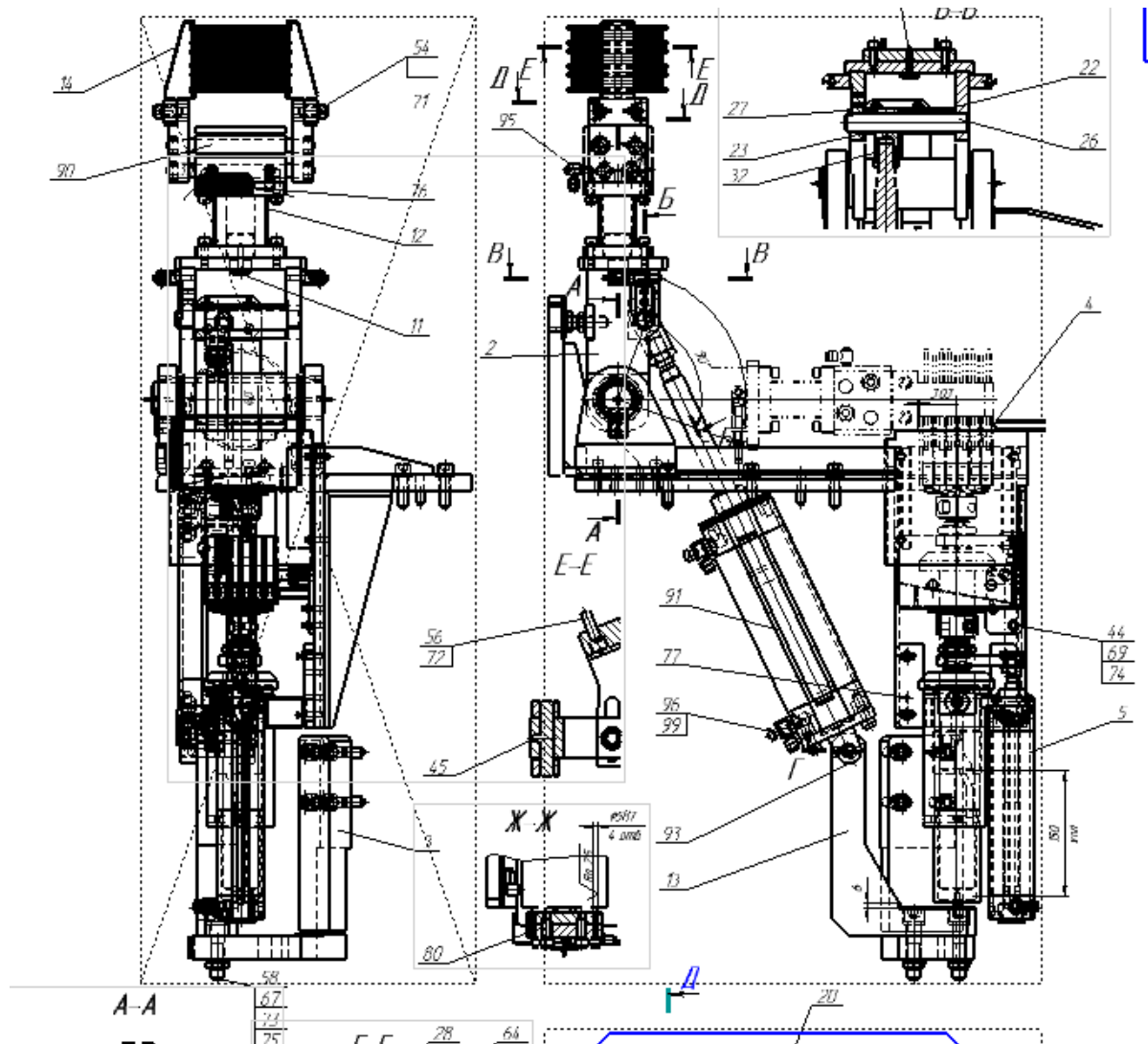


Рис.1.15. Вивантажувач готових деталей на правому шпинделі

Вивантажувач виконує функцію передачі готових деталей з патрона правої шпиндельної бабки в накопичувач готових деталей. Плита 1 кріпиться гвинтами 56 до основи станини і є базою для всіх вузлів вивантажувача. На кантувачі 2 закріплений захоплення 90 з вбудованим пневматичним приводом. Кулачки 14 захвату приймають комплект готових деталей з патрона правої шпиндельної бабки. При цьому всі готові деталі розділені між собою в радіальних пазах кулачків. Пазів всього шість. Пневмоциліндр 91 повертає кантувач з готовими деталями навколо горизонтальної вісі в

горизонтальне положення. Ліфт.5 з встановленої на його штоку касетою поз.38 приймає комплект готових деталей з захоплення кантувача.

При обробці на другому шпинделі в касеті деталі розміщуються по шість штук. Після захвату оброблених деталей ліфт опускає деталі на рівень накопичувача готових деталей. При цьому одночасно розвертає касету на кут 90 градусів. Привод ліфта виконано в вигляді пневмоциліндру поз.39. В накопичувач готові деталі скочуються струмків під дією сили тяжіння по похилим напрямним.

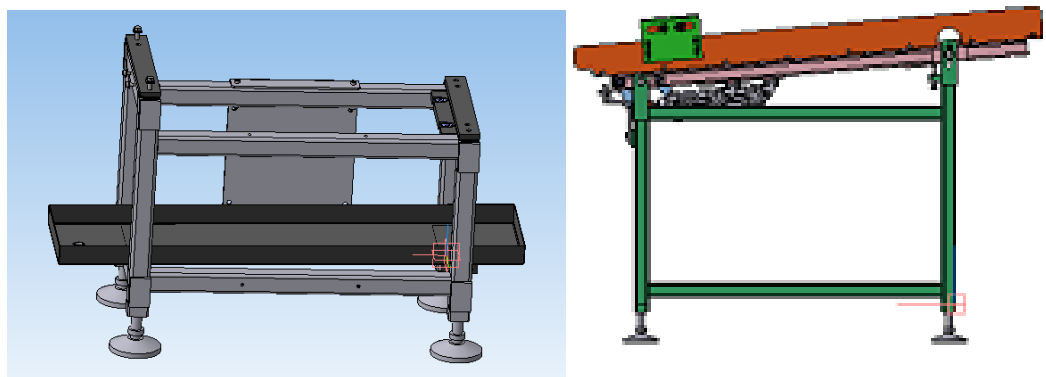


Рис. 1.16. Загальний вигляд завантажувача і накопичувача заготовок

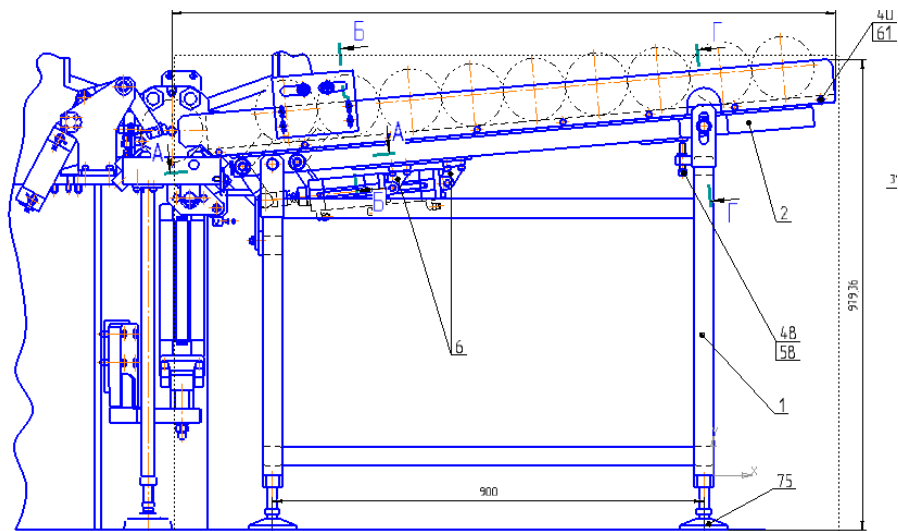


Рис.1.17. Накопичувач заготовок з механізмами

Накопичувач заготовок з механізмами включає в себе наступні елементи: 1 - рама, 2- платформа, 3- кронштейн, 6- відсікач, 9-10 - упори.

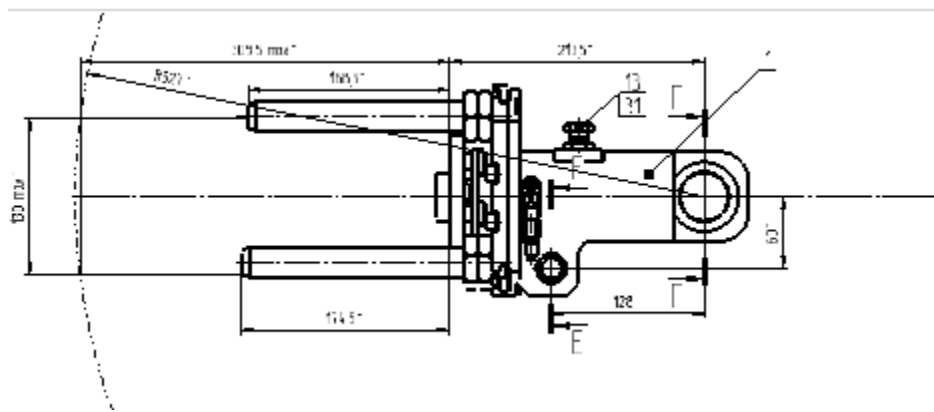


Рис. 1.18. Конструкція кантувача заготовок

Кантувач заготовок представляє собою чотири штиря діаметром 25 мм розміщених по колу  $\phi 150$  мм, тобто для захоплення виробу внутрішнім діаметром більшим 182 мм. Штирі розміщуються в корпусі в Т-подібних пазах. Штирі дозволять захопити та переміщувати одночасно 16 шт. поршневих кілець.

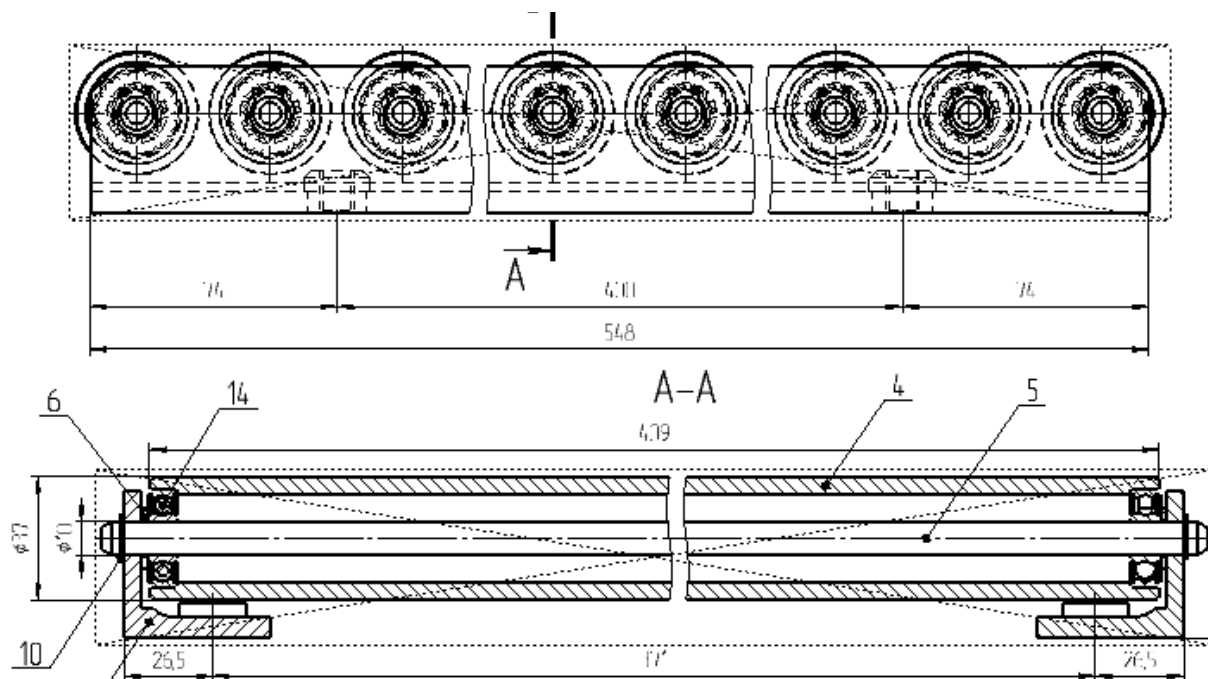


Рис. 1.19. Рольганг для накопичувача

Рольганг накопичивача служить для переміщення заготовок з зону завантаження під дією гравітаційних сил по валках. Рольганг для накопичивача змонтовано на сталевих кутниках  $88 \times 88$  мм довжиною 1468 мм. Валки 4

рольгагу обертаються на вісях 5  $\phi$  10 мм на підшипниках 14 кочення. Діаметр валків рольгангу  $\phi$  80 мм. Вісі 5 фіксуються на кутниках при допомозі розрізної шайби 10. Кількість валків 4 в рольгангу складає 35 шт. Рольганг має можливість регулювати кут нахилу.

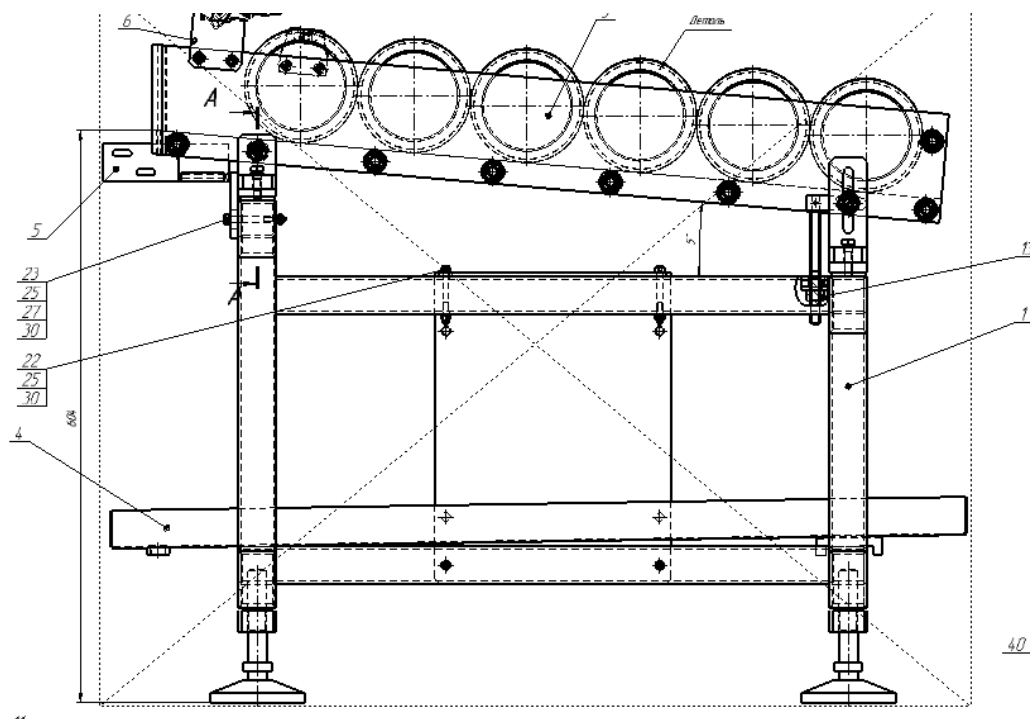


Рис.1.20. Накопичувач готових деталей

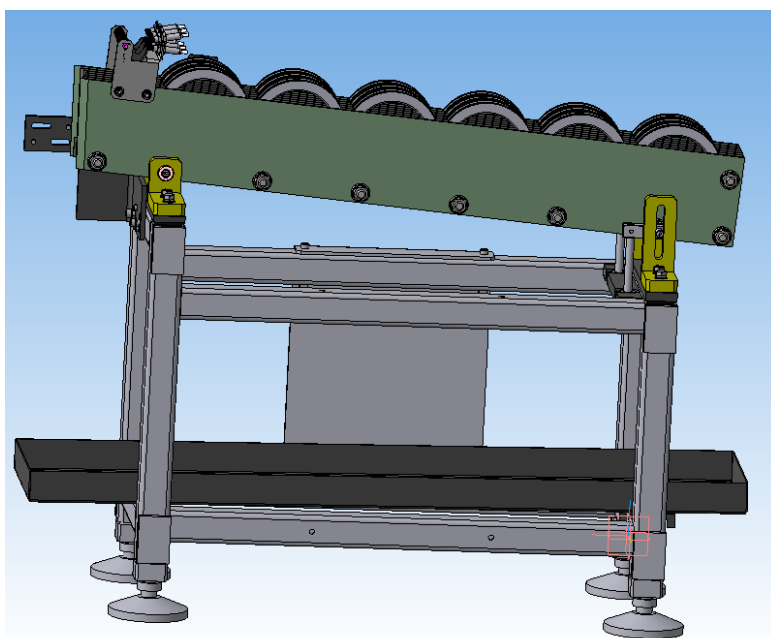


Рис.1.21. Накопичувач виробів (загальний вигляд)

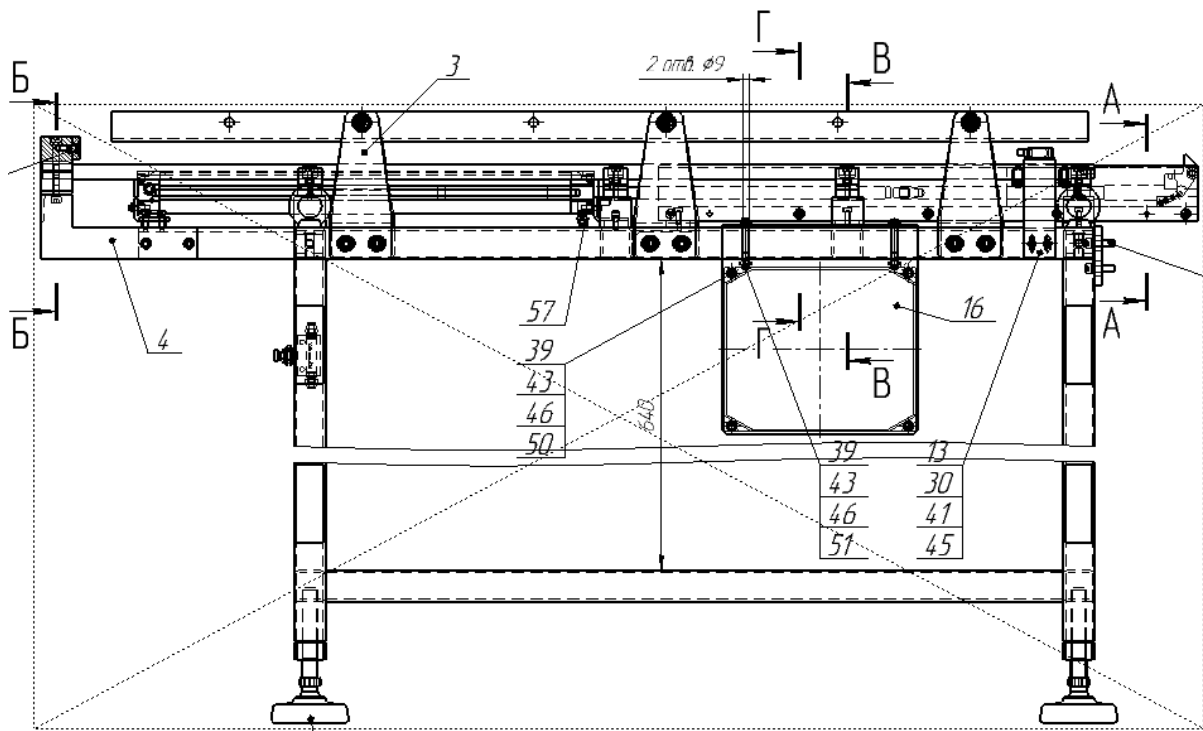


Рис.1.22. Накопичувач виробів

Накопичувач заготовок на лівому шпинделі має наступні складові елементи: рама 1, платформа поз.2, система відсікачів 6. Лоток, виконано з направляючих сталевих планок, які показані на кресленні, це поз..15, 16, 17, 18, 19, 20 і бічних щік поз. 21, 22 . Кут нахилу платформи можна регулювати в межах від 0 град. до 30 град. (в залежності від маси завантажуваних заготовок). Регулювання здійснюється обертання регулювальних гвинтів поз.48.

Накопичувач виробів має розгалужену систему відсікачів. Ця система призначена для почергової видачі заготовок. Подача відбувається із зони накопичення на лінію їх подачі в завантажувач. Контроль наявності заготовок під відсікачами виконується безконтактними індуктивними датчиками поз.77 KIPPRIBOR серії LA. Вони застосовуються як кінцеві вимикачі в автоматичних лініях, верстатах тощо. Завдяки нечутливості до діелектриків, вони мають високу захищеність від

середовища (рук оператора, емульсії, води, мастила тощо). До завантажувача накопичувач кріпиться кронштейном поз.3.

Накопичувач деталей за допомогою спеціального кронштейну поз.5 кріпиться до плити вивантажувача. Він складається з рами поз.1 і безпосередньо лотка поз.3. В лоток поз.3 деталі потрапляють з касети вивантажувача. По лотку накопичувача оброблені деталі скочуються по шести струмкам.

Гвинтами поз.2 регулюється кут нахилу в межах від 0 град. до 30 град лотка.

Мастильно- охолоджуюча рідина, що захоплюється готовими деталями, збирається в піддоні поз.4 і відводиться назад в резервуар.

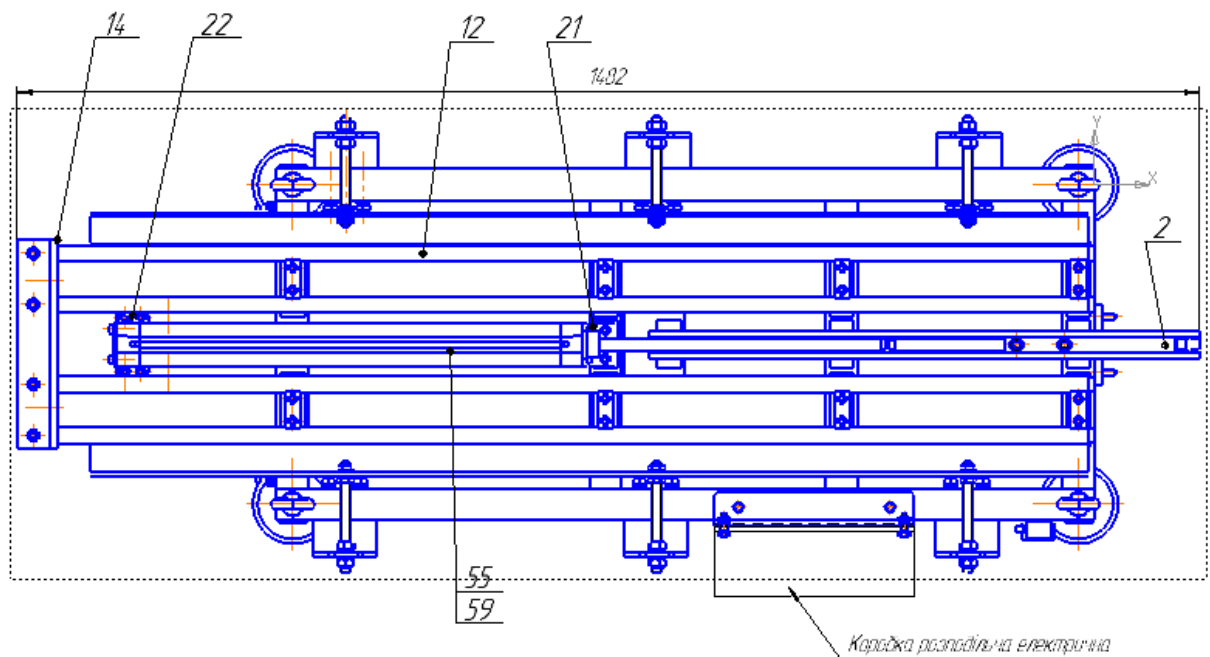


Рис.1.23. Накопичувач виробів (вид зверху)

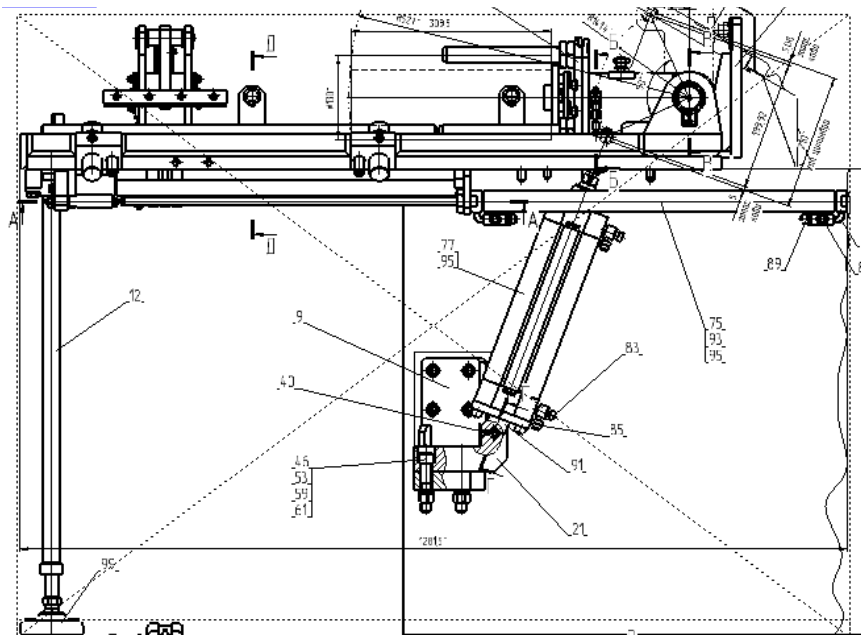


Рис.1.24. Завантажувач заготовок: 1-основа, 2- кантовач, 5 – демпфер, 8,9 – кронштейн, 12 – стійка.

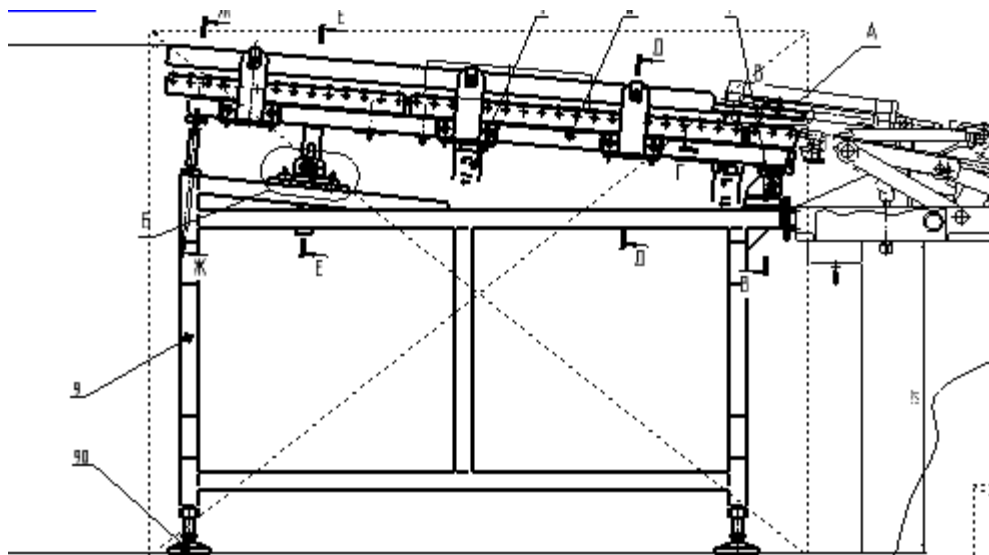


Рис. 1.25.Завантажувач заготовок (вид з іншої сторони)

Завантажувач заготовок на лівому шпинделі кріпиться до основи станини гвинтами поз. 44. Всі основні механізми завантажувача розміщені на плиті поз.1. Завантажувач заготовок має демпфер поз.5 Демпфер поз.5 гальмує переміщення заготовки з-під механізму відсікача системи накопичення. Він плавно встановлює комплектну заготовку на горизонтальні напрямні поз.38. Механізм горизонтального переміщення

поз.26 має привод переміщення. Він виконаний в вигляді пневмоциліндру поз.75. Пневмоциліндр переміщує заготовку в кантувач поз.2.

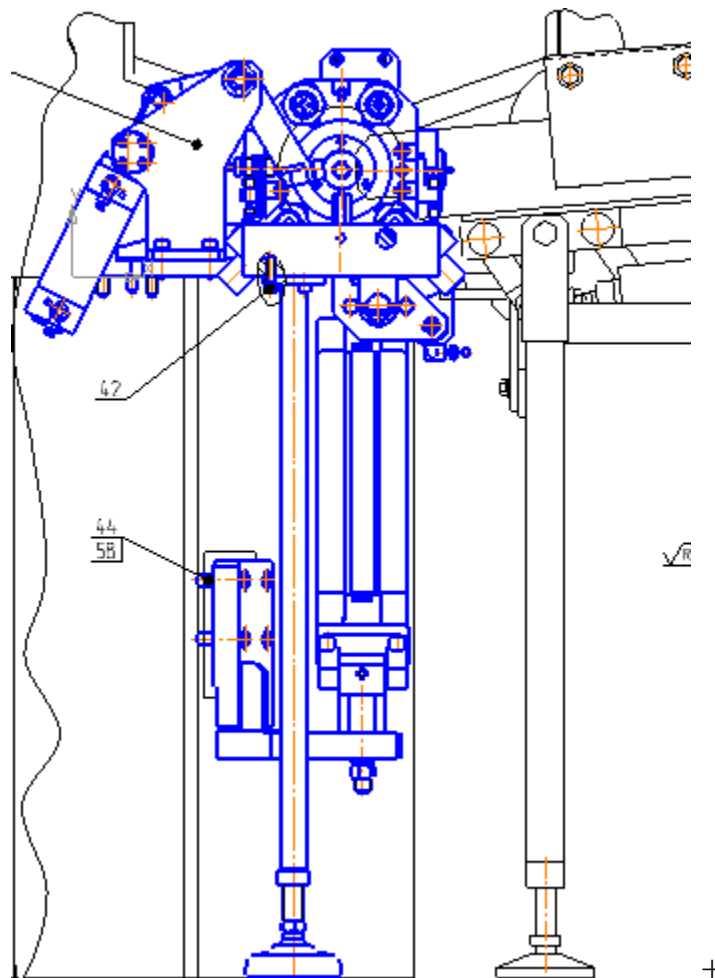


Рис.1.26. Завантажувач заготовок: вид збоку.

Для контролю наявності заготовки під демпфером виконується датчик поз.97. Контроль наявності заготовки в кантувачі здійснюється датчиками поз.97. Заготовка в процесі кантування обмежена скалками кантувача. Так вона транспортується до позиції завантаження в затискний патрон лівої шпиндельної бабки. Поворот кантувача виконується за допомогою пневмоциліндра поз.77.

Особливостями конструкції приводу затискних патронів є те, що він дає можливість застосовувати затискні патрони з тягнучим і штовхаючим



приводом. Для зміни напрямку приводу переміщення тяги приводу затиску слід поміняти місцями трубки підведення стисненого повітря. Треба також і перемонтувати датчик положення штоку пневмоциліндра.

Транспортер стружки призначений для відведення стружки із зони різання верстата. Потім стружку вивантажують в ящик. Тип транспортера - стрічковий.

## **2.4. Привод головного руху**

Верстат має два ідентичних привода головного руху, розташованих на рухомих супортах). Потужність електродвигуна привода головного руху 22 кВт. Привод головного руху забезпечує обертання шпинделя в діапазоні частот 100..1500 об/хв. Максимальний крутний момент на шпинделі складає 850 Нм. Регулювання частоти обертання привода здійснюється частотним перетворювачем.

До верхнього кінця шпинделя, через шків поз.11 прикріплений пневмоциліндр поз.31, який за допомогою тяги поз.32 здійснює затиск заготовки в патроні верстата .. Контроль затиску заготовки здійснює датчик поз.33.

Переміщення шпиндельної бабки в кінцевих положеннях обмежують кулачки лінійки осі Z поз.34, які взаємодіють з блоком кінцевих вимикачів закріпленому на санчата супорта.

Бабка ліва відрізняється від бабки право й введенням в конструкцію пружної муфти з пружним елементом ShA95 / 98 від муфти ROTEX-38 виробництва KTR (Німеччина) в ланцюг підведення крутного моменту від головного двигуна. Змінена конструкція первинного вала редуктора. Змінено подмоторну плиту в зв'язку з установкою муфти. Одна з кареток забезпечена системою зчитування вимірювальної лінійки осі Z ..

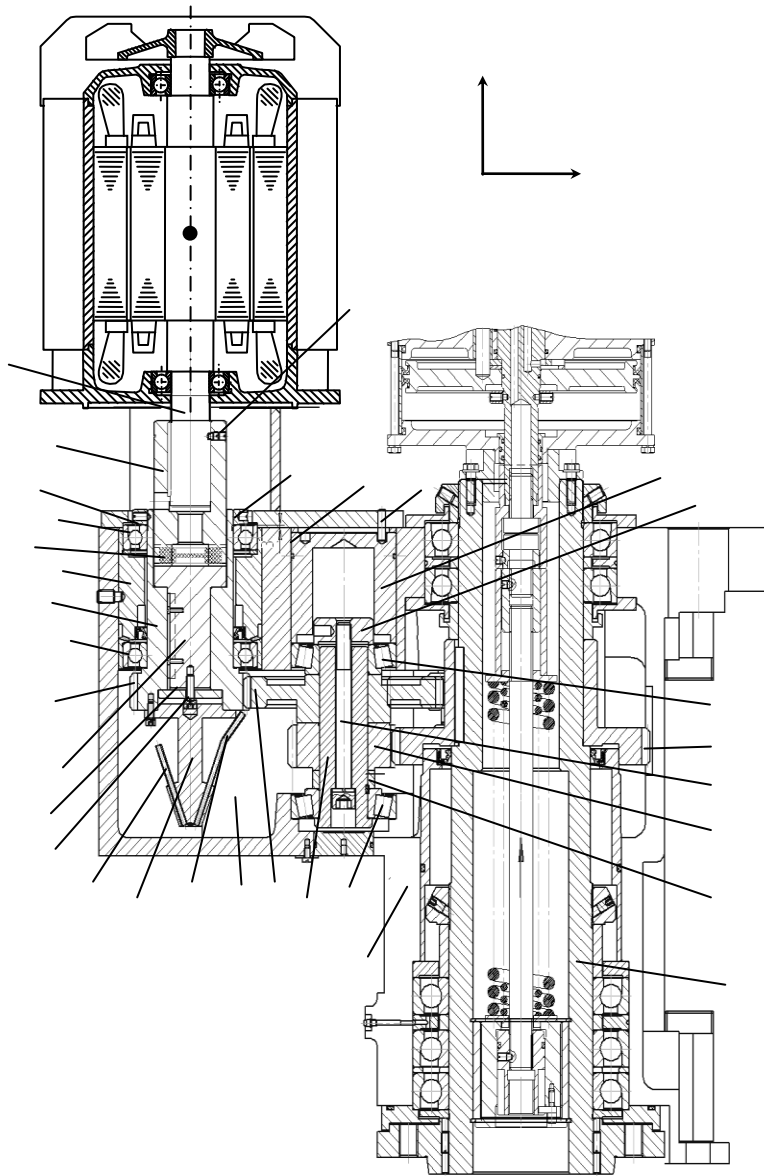


Рис. 1.27 Привод головного руху верстата, поданий в перетині площини, перпендикулярній (наближено) вісі  $y$

Змінено зубчасту передачу в приводі головного руху на зубчато – пасову. Це дало зменшення маси, зниження шуму і вібрацій. На підмоторній плиті встановлений електродвигун, який через зубчато-пасову передачу передає обертання на шпиндель. Регулювання натягу паса проводиться гвинтами.

Значення радіального биття посадочної конічної поверхні шпинделя під патрон верстата складає 2 мкм. Внаслідок цього використовуються підшипникові опори шпинделя з биттям, що не перевищує 1 мкм.

Маніпулятор призначений для перекантовки напівфабрикату і передачі його з лівої позиції шпинделя в праву.

На лівому шпинделі проводиться часткова обробка заготовки, а також порізка її на кілька напівфабрикатів. При відрізу, напівфабрикат вловлюється нижньої оправкою поз.1. Оправка має можливість вільного обертання. Наявність напівфабрикату на нижній оправці контролюється датчиком поз.5.

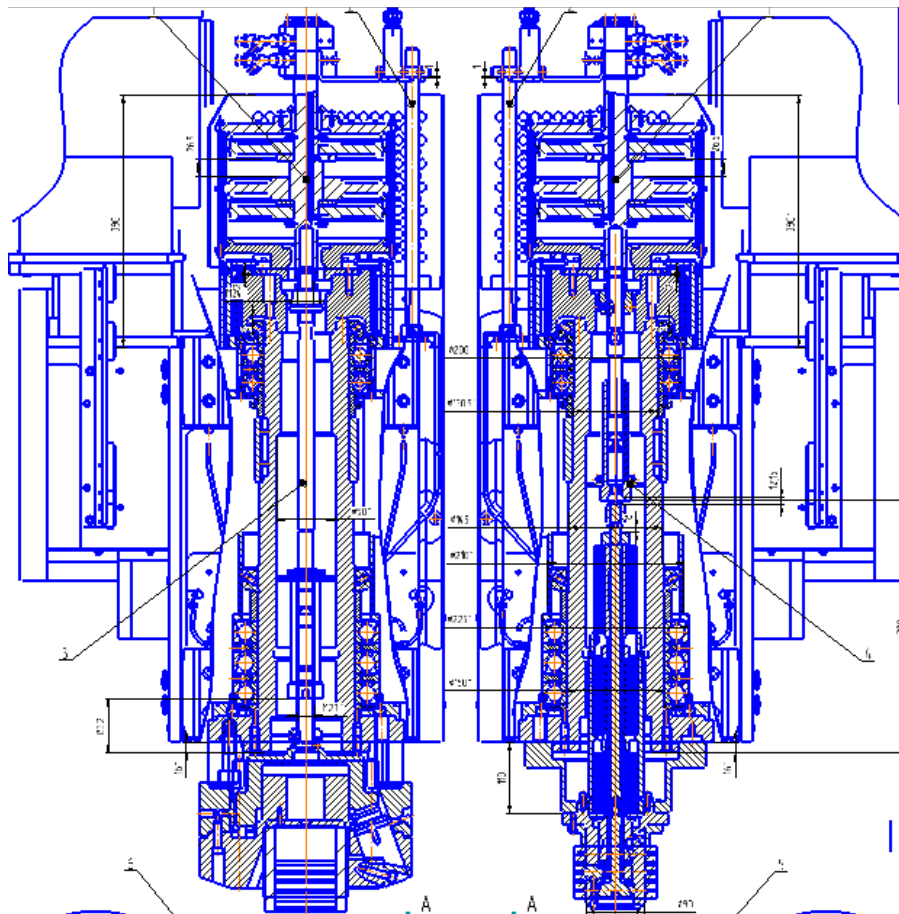


Рис.1.28. Конструктивна схема шпиндельного вузла верстата

На правому – зовнішня обробка і порізка поштучно.

Із зони відрізання рука маніпулятора поз.2 повертається в зону перекаантовки. Це виконується за допомогою пневмоциліндра поз.3 через тягу поз.4. Кут повороту рук маніпулятора регулюється. Регулювання виконується гвинтами поз.20 і 22. Затиск напівфабрикату між нижньою оправкоюю і верхнім упором поз.6 забезпечується штоками. Висуненням штоків пневмоциліндрів поз.7 і 8. виконує пневмоциліндр поз.9. Перекаантування напівфабрикату виконується на 180 градусів. Перекаантування відбувається за допомогою зубчастої рейки (поз. 10) повертається зубчасте колесо поз. 11.

Разом з ним повертається труба поз.14 і руки поз.2 і поз.12 з напівфабрикатом заготовки. Величина кута повороту всього маніпулятора при перекаантуванні регулюється. Регулювання виконється гвинтами. Пневматичні циліндри поз.7 і 8, розпрямляючись, повертаються і перекаантований напівфабрикат залишається в обіймі верхнього упора поз. 6.

Рука маніпулятора поз. 12 за допомогою пневматичного циліндра поз.15 через тягу поз.16 переносить перекаантований напівфабрикат в зону правої позиції шпинделя. Це відбувається через тягу поз.16. Пружини поз.17 служать для компенсуючого підтискання напівфабрикату до упору розтискного патрона правої позиції.

В разі аварійного переміщення (наїзду) патрона на руку маніпулятора спрацьовує датчик поз. 19. При цьому пружини поз.18 стискаються і замикають датчик поз.19. Рух патрона внаслідок цього переривається, що дозволяє уникнути поломок обладнання.

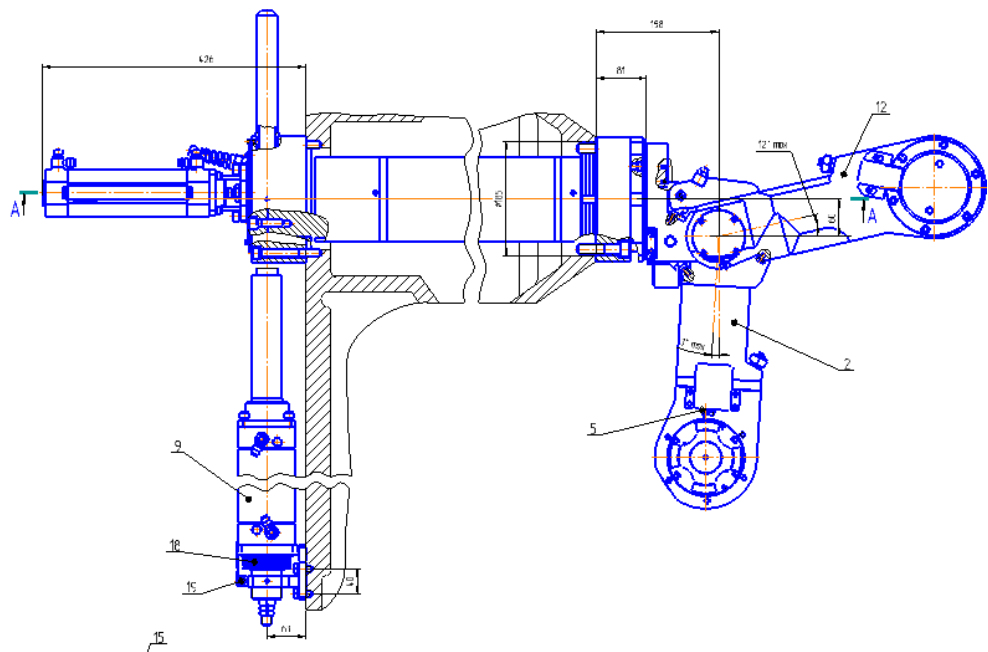


Рис.1.29. Загальний вигляд маніпулятора

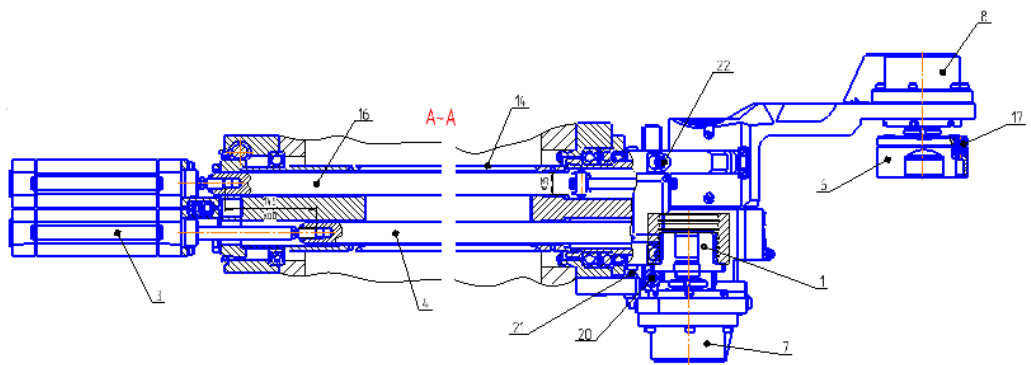


Рис.1.30. Маніпулятор (вид збоку)

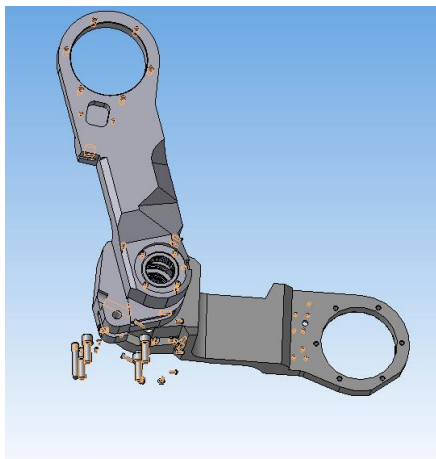


Рис.1.31. Загальний вигляд маніпулятора

## 2.5. Схема роботи маніпулятора

Нижче наведено поетапна схема переміщення маніпулятора від захвату заготовки на лівому шпинделі і до встановлення її в правий шпиндель.

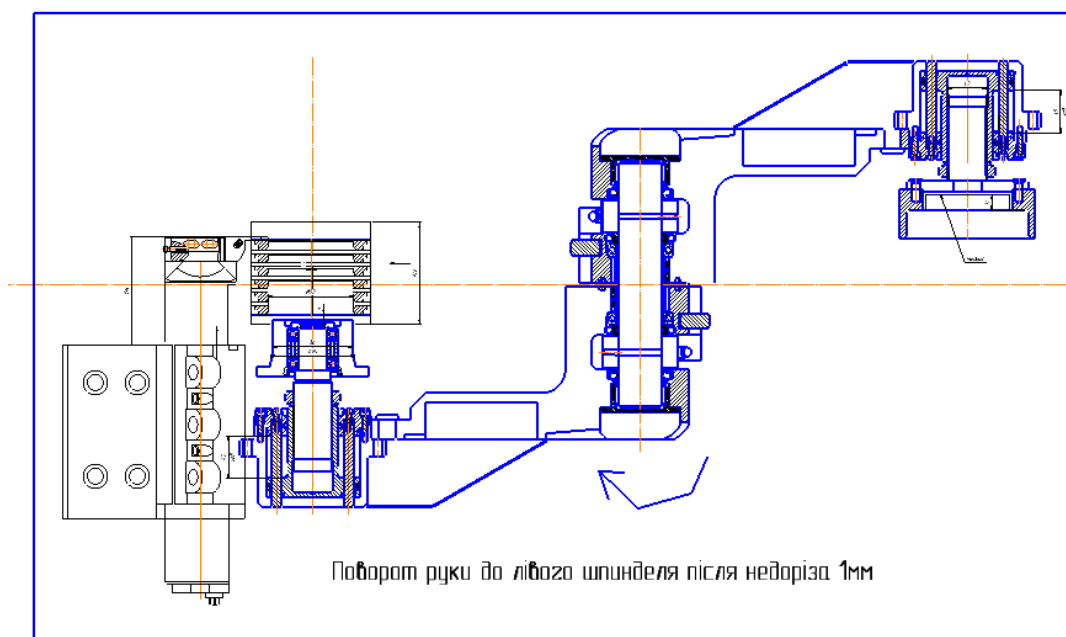


Рис. 1.32. Поворот руки маніпулятора до лівого шпинделя (недоріз кілець в цей момент 1 мм.)

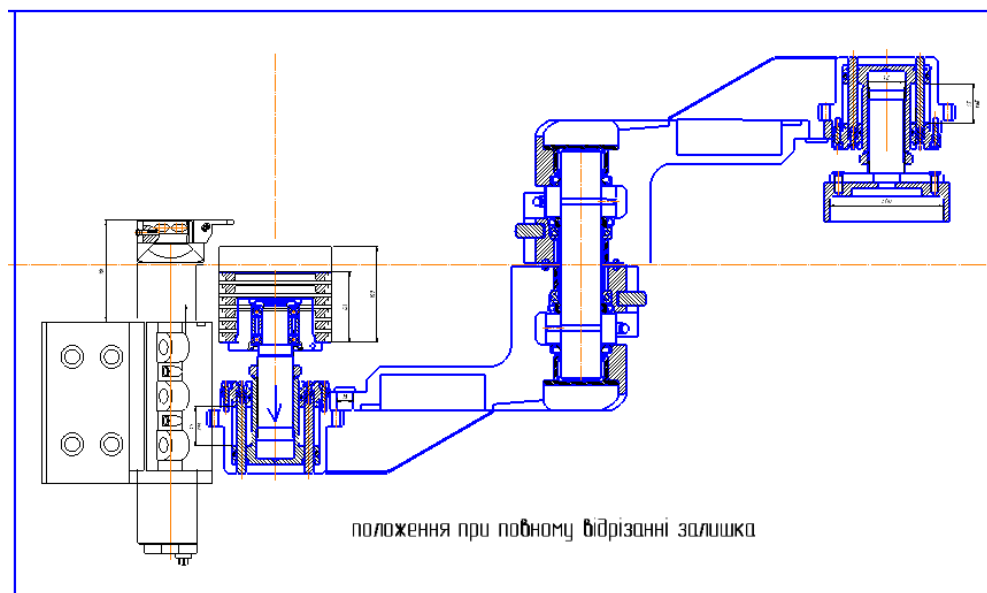


Рис. 1.33. Поворот руки маніпулятора до лівого при повному відрізанні заготовки

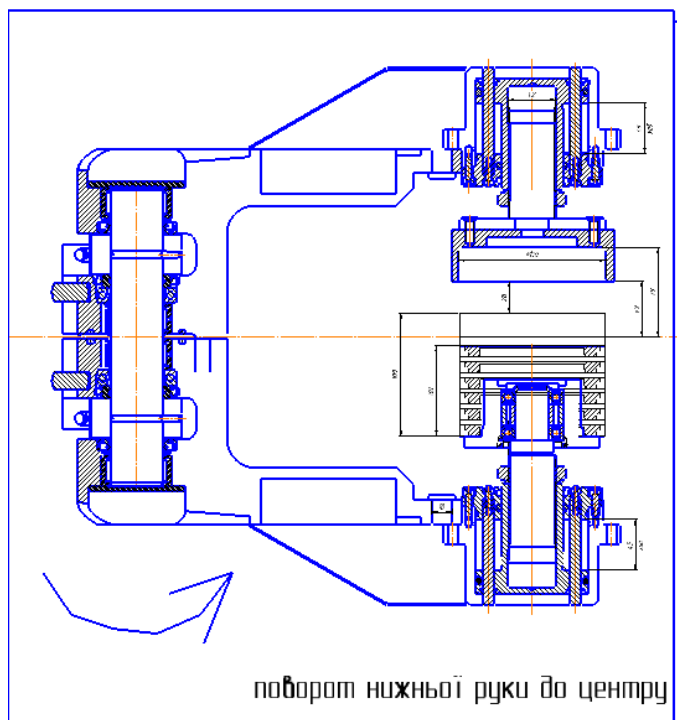


Рис. 1.34. Поворот нижньої руки маніпулятора з обробленими по зовнішній поверхні заготовками до правого шинделя

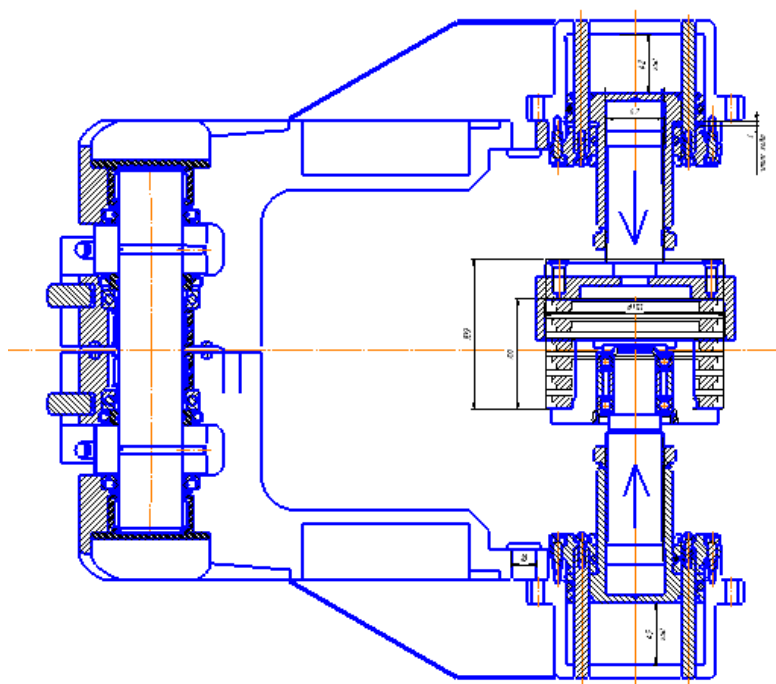


Рис. 1.35. Вертикальне переміщення руки маніпулятора до встановлення заготовок в верхню руку маніпулятора

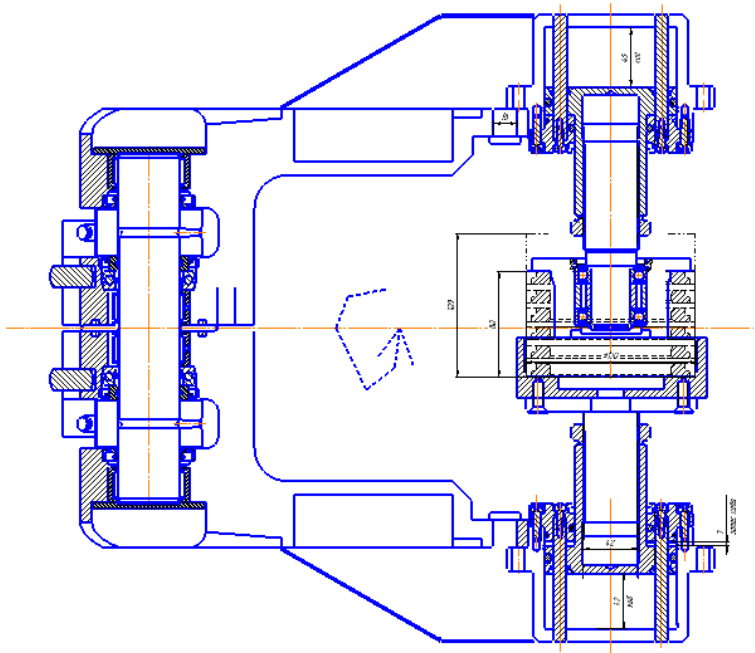


Рис. 1.36. Поворот руки маніпулятора в вертикальній площині на 180 град.

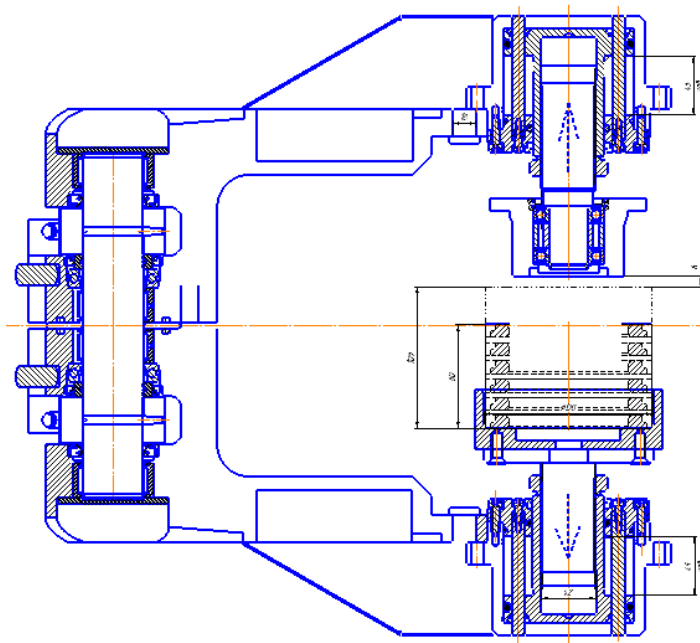


Рис. 1.37. Поворот верхньої руки маніпулятора на 180 град.



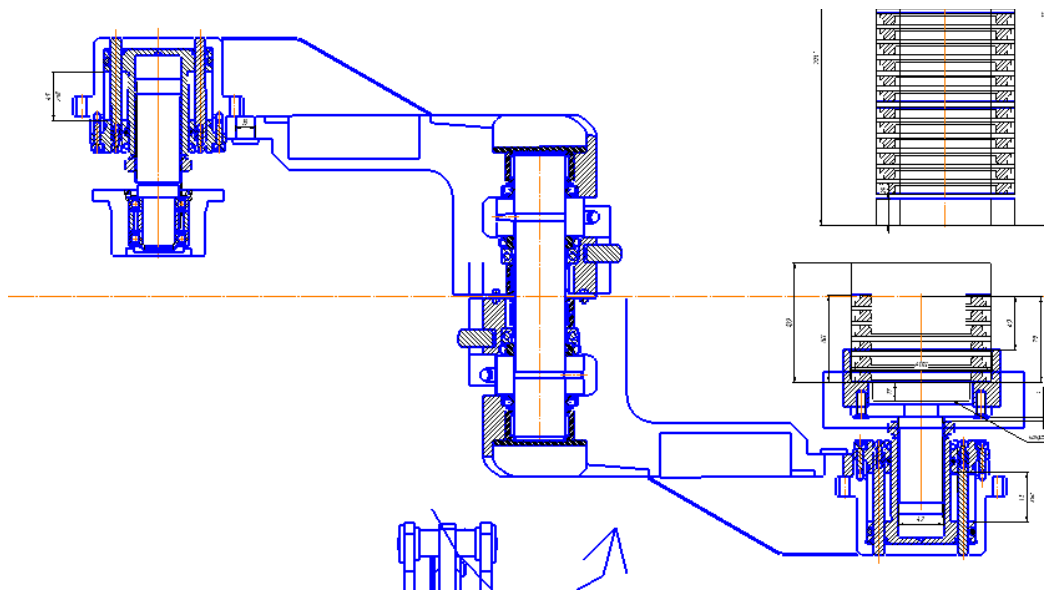


Рис. 1.38. Встановлення заготовки в правий шпиндель

Поворот до правого шпинделя

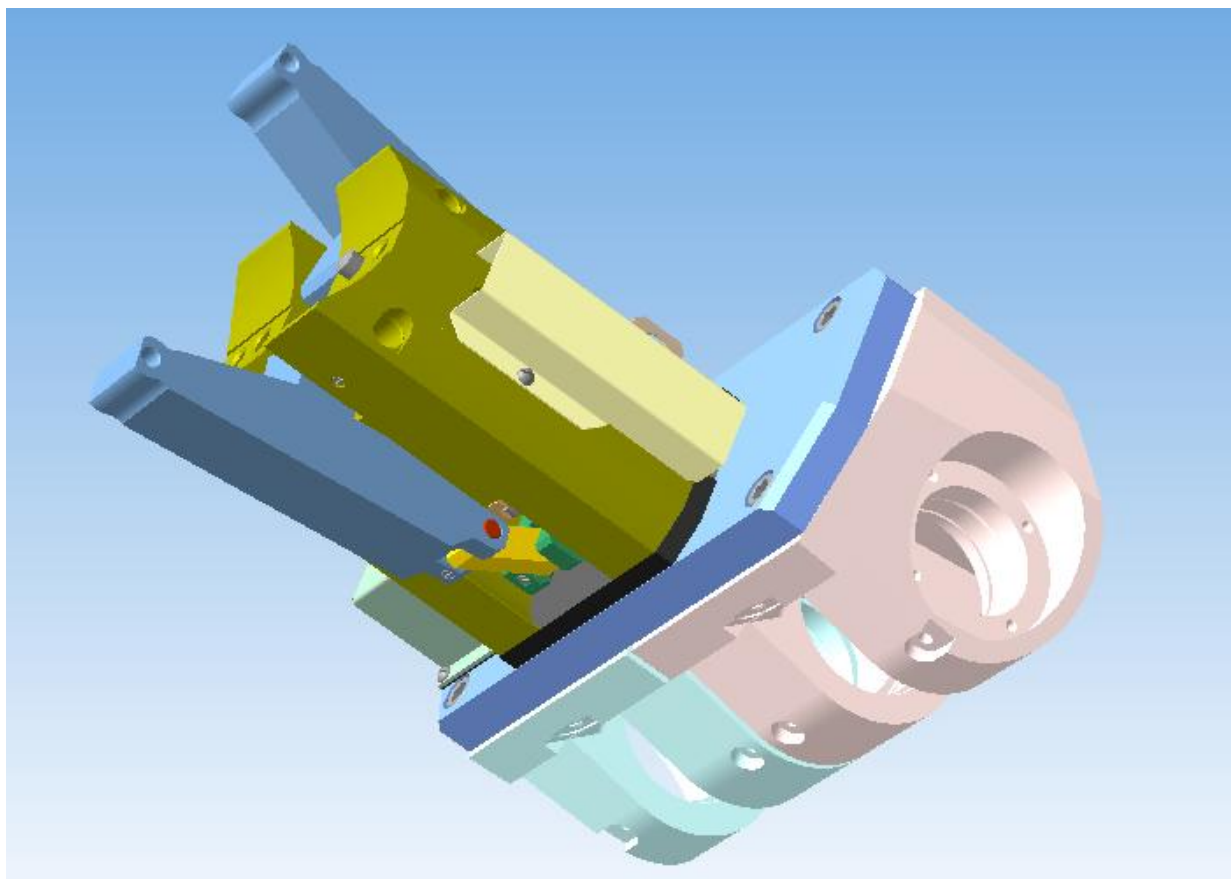


Рис. 1.39 Передаючий пристрій

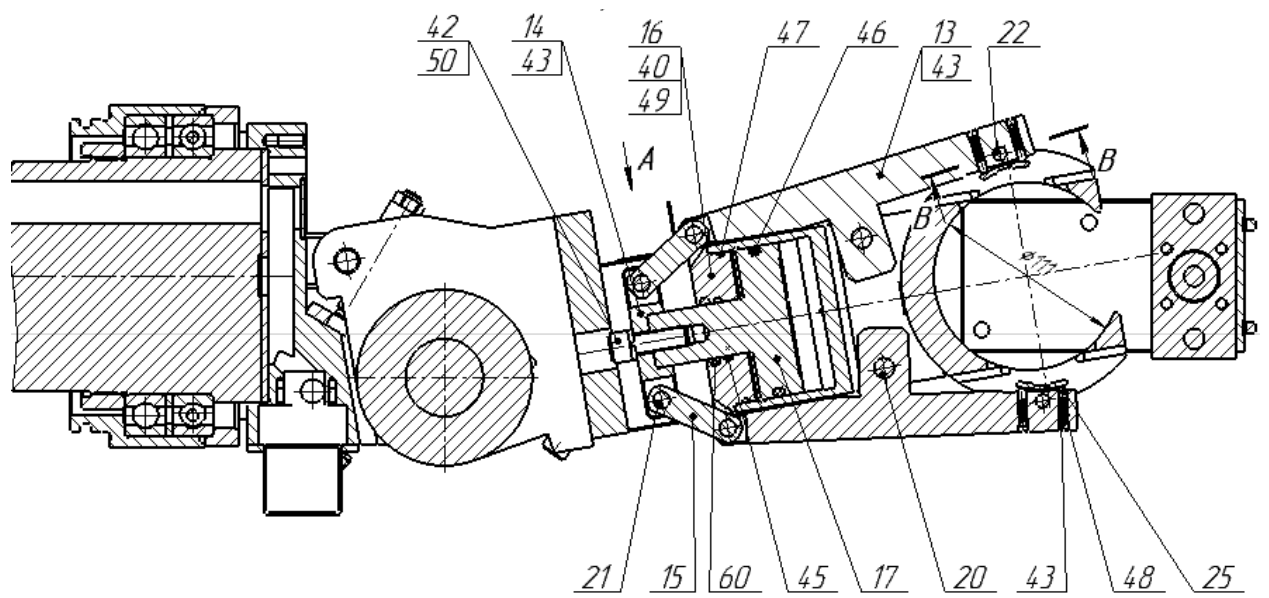


Рис.1.40 Передающий пристрій

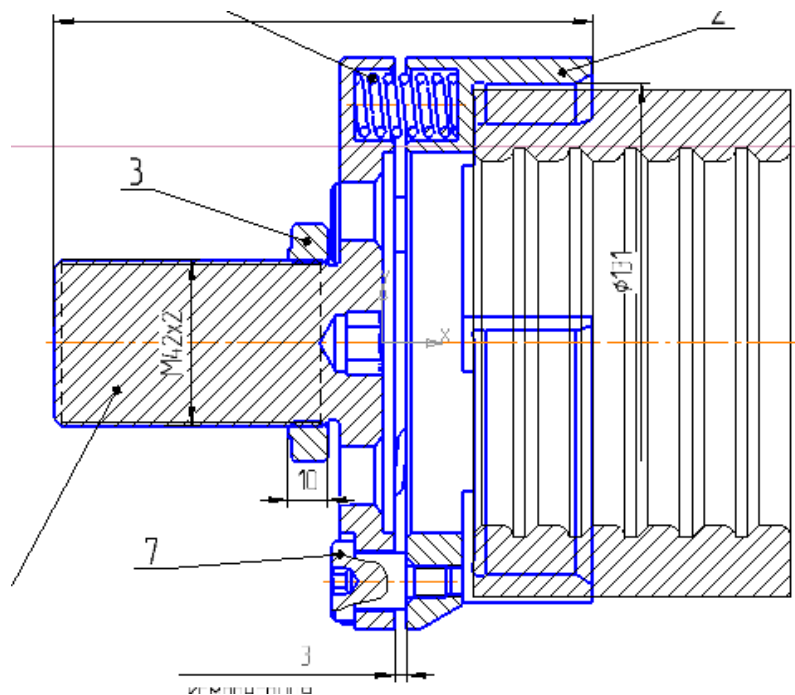


Рис. 1.41.Упор верхній

### **3. Дослідження механізмів верстатної системи та її розрахунок**

#### **3.1. Опис об'єкта закріплення**

Для даного двохшпindelного верстата розроблена технологія обробки та будуть обробляти тонкостінні кільця для двигунів внутрішнього згорання.

Тонкостінні кільця розміщені в канавках на зовнішніх поверхнях поршнів в поршневих двигунах. Тонкостінні кільця - це незамкнуті кільця, які служать для ущільнення робочої зони двигуна. Вони використовуються в двигунах внутрішнього згорання або парових двигунах та в і поршневих компресорах.

В основному тонкостінні кільця виготовляють з сірого чавуну марки 4Н15Д7 ГОСТ 7769-82, що має високі механічні властивості, хорошу пружність та зносостійкість. Його структура дозволяє йому утримувати масло. Це зменшує зношення. Широко використовується також як заготовка пластичний чавун.

Кільця протидіють прориву газів з камери згорання в картер. Зовнішній діаметр кільця у вільному стані більший внутрішнього діаметра циліндра. Тому частина кільця вирізана. Виріз в поршковому кільці називають замком.

Маслосмієні кільця запобігають проникненню оливи з картера в камеру згорання. Вони знімають надлишки масла зі стінки циліндра.

Технічні вимоги на виготовлення кілець: точність оброблення по висоті - в межах 7-8- го квал., шорсткість торців  $Ra = 1,25$  мкм; допуск на ширину прорізу в замку в затиснутому стані.

Технологія виготовлення тонкостінних кілець методом точіння включає:

- Токарну обробку зовнішньої поверхні;
- Токарну обробку внутрішньої поверхні;
- Розрізання кілець з припуском по висоті на шліфування;

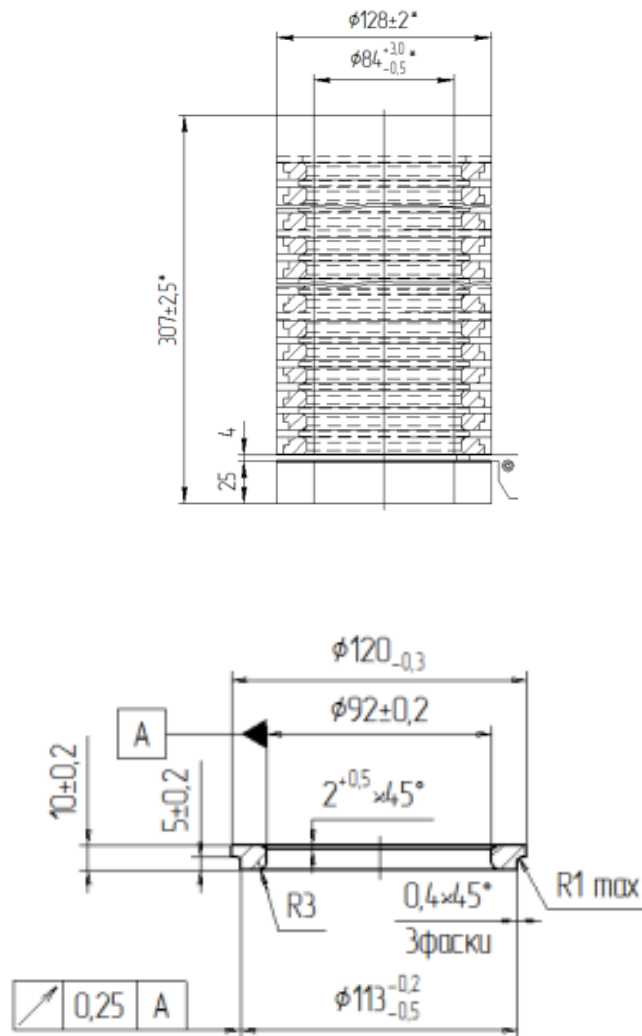


Рис. 3.1.Комплектна заготовка та готова деталь

### 3.2. Розробка технологічного процесу обробки деталі «поршневе кільце»

Технологія виготовлення кілець є досить складним завданням машинобудування. Тут треба реалізувати високі вимоги до точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь поршневих кілець. Це

забезпечить бездоганне прилягання кільця до стінки циліндра. Це забезпечить встановлення в канавку поршня з необхідними мінімальними зазорами. Складністю для металообробки є нежорсткість самого кільця як геометричного тіла. Для повної комплексної обробки з 2-х сторін треба задіяти два шпинделі з пере кантуванням заготовки.

На першому шпинделі оброблюються внутрішні поверхні 6-ти деталей з їх відрізання та пердачею на другий шпиндель.

На другому шпинделі оброблюються зовнішні поверхні 6-ти деталей з їх порізуванням на одиничні деталі.

Висока точність відстані між торцями покращує умови ущільнення поршня.

На першому шпинделі виконується такі переходи:

Перехід 1 – підрізання торця;

Перехід 2 - внутрішнє точіння заготовки на 6-ть кілець;

Перехід 3 – зовнішнє точіння заготовки на 6-ть кілець;

Перехід 4 – точіння внутрішніх канавок;

Перехід 5 – відрізання 6-ти кілець.

На другому шпинделі виконується такі види технологічних операцій:

Перехід 1- Обточування по зовнішній поверхні напівчистове та чистове;

Перехід 1 -Прорізування канавок на зовнішній поверхні;

Перехід 3 Розрізування кілець по одному.

На рис. 2.8 наведено розміщення оснащення та інструменту на лівому шпинделі.

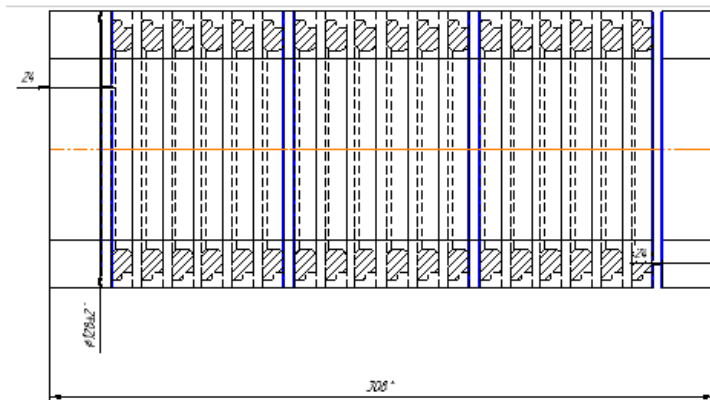


Рис. 3.2. Комплектна заготовка з трьох частин по 6 кілець в кожній

На рис. 3.3 наведено розміщення оснащення та ріжучих інструментів на шпинделях верстата

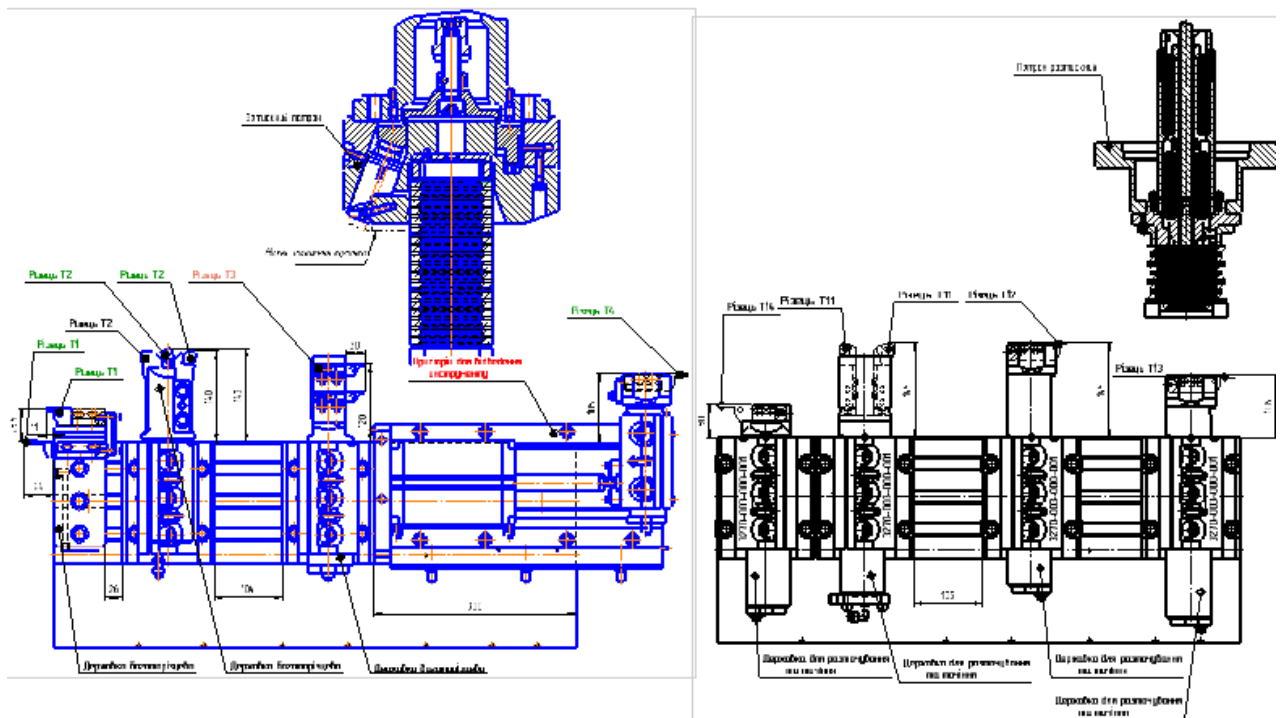


Рис. 3.3. Розміщення оснащення на шпинделях

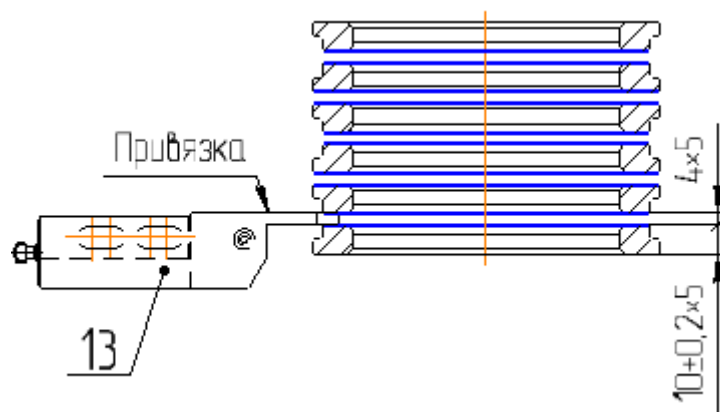


Рис. 3.4. Розміщення оснащення на правому шпинделі

В процесі обробки різець T11 реалізує наступну траєкторію, яка складається з 1- 8 відрізків (рис.2.10).

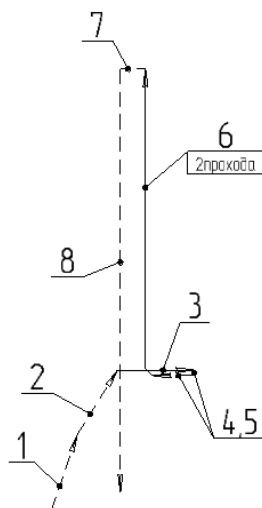


Рис.3.5. Траєкторія різця T11

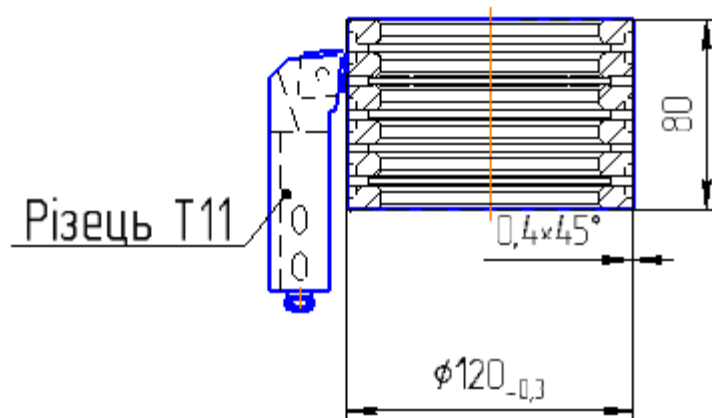


Рис.3.6. Операційний ескіз для переходу

Керуюча програма для системи ЧПУ Heidenhain для операційного ескізу для інструменту T11 наведена нижче.



N400100 M8 T11 D1 ; PODREZKA / OBTCHKA  
 N400110 G90 G95 G500  
 N400120 ATRANS X2=0  
 N400130 ATRANS Z2=0  
 N400140 M3 S700  
 N400150 G1 G94 F20000 X2=-132.0  
 N400160 F5000 Z2=10  
 N400170 G96 S202 LIMS=750 F0.45 Z2=0.0  
 N400180 X2=-92.0  
 N400190 G94 F5000 Z2=0.5  
 N400200 S520  
 N400210 X2=-124.0  
 N400220 G95 F0.45 Z2=-81.0  
 N400230 G94 F5000 X2=-126.0  
 N400240 Z2=15  
 N400250 S550  
 N400260 G41 X2=-114.7942  
 N400270 G95 F0.45 ANG=225 X2=-120.0  
 N400280 Z2=-81.0  
 N400290 G94 F5000 X2=-124.0  
 N400300 G1 G40 F10000 Z2=10.0  
 N400310 TRANS X2=0 Z2=0

### 3.3. Розрахунок максимального режиму різання.

Розрахунок режимів різання будемо проводити для переходу, під час виконання якого площа шару матеріалу що зрізається буде максимальною, а отже максимальними будуть і зусилля, що виникають при точінні. Розрахунок максимального режиму різання виконуємо при чорновому точінні зовнішньої поверхні кільця.

Припуск на обробку  $t = 3$  мм.

Потужність двигуна головного руху приводу верстата  $N = 7,5$  кВт (див. паспорт). Згідно табл. 33 [22], точіння різцем з пластинами з твердого сплаву Т15к6 рекомендована подача  $S = 0,2$  мм.

Швидкість різання (стор. 207) за допустимими ріжучими властивостями інструменту згідно [22]:

$$v = \frac{C_v D^{g_v} K_u K_M K_\phi K_n}{T^m t^{x_v} S_z^{y_v} z^{n_v} B^{P_v}}, \text{ де}$$

Середнє значення стійкості приймаємо  $T=60$  хв,  $C_v$  - коефіцієнт, що характеризує оброблюваний матеріал, а також і умови обробки згідно [22]

$$C_v = 332.$$

Для вищенаведеної формули показнику ступенів та коефіцієнти такі:[22]

$$g_v = 0,2$$

$$m = 0,2$$

$$n_v = 0,2$$

$$\chi = 0,1$$

$$y_v = 0,4$$

$$P_v = 0$$

$$K_M = \frac{750}{\delta_B} - \text{поправочний коефіцієнт, що враховує вплив фізико-}$$

механіні властивості матеріалу, що обробляється, на швидкість різання.

$$\delta_B = 750 \text{ МПа} - \text{для чавуна Гост 380 – 88.}$$

$$K_M = \frac{750}{750} = 1,0 .$$

$K_n = 0,8$ - поправочний коефіцієнт на швидкість різання враховуючий стан поверхні заготовки .

$K_u = 1,0$ - поправочний коефіцієнт враховуючий вплив матеріалу ріжучої частини інструменту на швидкість різання [22]:

$K_\phi = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані  $\phi$  на швидкість різання:

Знаходимо швидкість різання:

$$v = \frac{332 \cdot 125^{0,2} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8}{180^{0,2} \cdot 5^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 12^{0,2} \cdot 75^0} = 110 \text{ м/хв}$$

Частота обертання деталі:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 110}{3,14 \cdot 128} \approx 253 \text{ об/хв (див. стор. 282 [22])}.$$

Приймаємо  $n=250 \text{ хв}^{-1}$ .

Головнї, складовї, сили різання при точінні являється тангенціальна сила [22]).

$$P_z = \frac{C_p t^{x_p} S^{V_p} B^{u_p} Z}{D^{q_p} \cdot n^{W_p}} \cdot K_p$$

Для вищенаведеної формули коефіцієнти і показники ступеня наступні [22]:

$$C_p = 825$$

$$x_p = 1,0$$

$$y_p = 0,75$$

$$u_p = 1,1$$

$$q_p = 1,3$$

$$W_p = 0,2$$

$$P_z = \frac{825 \cdot 5^{1,0} \cdot 0,18^{0,75} \cdot 42^{1,1} \cdot 12}{125^{1,3} \cdot 100^{0,2}} \cdot 1,0 = 625 \text{ Н}.$$

Величини складових сили різання  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ , встановлюють із співвідношення з головною складовою по табл. 42 [22].

Складова сили різання, яка визиває деформацію згинання затискного патрона:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} \quad [22].$$

$$P_y : P_z = 0,9 \quad [2].$$

$$P_y = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54 \text{ кН} - \text{радіальна сила}.$$

Ефективна потужність різання, кВт:

$$N_c = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}$$

$$N_e = 11.2 \text{ кВт.])}$$

### 3.4 Проектування приводу головного руху

#### 3.4.1. Розрахунок приводу головного руху

Був замінений на правому шпиндельному вузлі привід головного руху на привід з частотним регулюванням. Тому я взяв закордонний фірми Siemens. Був проведений аналіз двигунів. За допомогою каталога ми вибрали двигун, який задовольняє вимогам. Ми проаналізували їхні габарити, потужність, крутячий момент, кількість обертів на хвилину. З поміж серво-двигунів які випуска компанія Siemens запропоновано та вибрано двигун серії 1FT6102.

Вихідні дані : потужності  $N=22$  кВт вибрано електродвигун з частотним регулюванням:

$$n_{\text{ном}} = 1450 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\text{max}} = 6000 \text{ хв}^{-1}$$

Привід головного руху токарного верстата має:

$$n_{\text{min}} = 40 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\text{max}} = 6000 \text{ хв}^{-1}$$

Діапазон регулювання приводу:

$$R_n = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}} = \frac{6000}{40} = 150$$

Діапазон регулювання двигуна з частотним регулюванням:

$$R_{\text{двг}} = \frac{n_{\text{дв. max}}}{n_{\text{дв. ном}}} = \frac{6000}{1450} = 4,13$$

Приймаємо  $R_{\text{двг}} = 4$

Саме тому, що  $R_{\text{дв}} < R_n$ , тому необхідно використати східчасту коробку передач шпиндельного вузла. Тоді:

$$R_n = R_{\text{двп}} * R_{\text{ст}}$$

Де  $R_{ст}$  – діапазон ступінчатої структури

$$R_{ст} = \frac{R_n}{R_{двп}} = \frac{200}{4} = 50$$

Діапазон регулювання приводу складається з співмножників:

$$R_n = R_{двп} * R_{ст} \text{ можна записати, як } R_n = 200 = 4 * 50$$

Допустимий діапазон регулювання в межах однієї групи складає:

$$R_{гр\max} \leq \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{2}{1} = 2$$

$U_{\max}, U_{\min}$  – де максимальні і мінімальні передаточні відношення у множині груп.

Саме через те, що

$$R_{ст} \geq R_{гр\max} = 2 \text{ в розробленій кінематичній структурі}$$

$$R_{ст} = R_{зп1} * R_{зп2}$$

$$R_n = R_{двп} * R_{гр1} * R_{гр2}$$

Кількість ступеней швидкостей шпиндельного вузла запропонованої ступінчатої структури :

$$Z_{ст} = \frac{Lg 200}{Lg 4} = 3.8$$

Приймаємо, що

$$Z_{ст} = 4 = 2 * 2$$

Безступінчасту структуру представляємо, як умовно ступінчасту структуру.

Приймаємо значення знаменника геометричного ряду частот обертання по рекомендаціям ЕНІМС  $\varphi_{уст} = 1,25$ . Визначаємо ефективне число ступеней частот обертання, що забезпечуються регулюванням за допомогою двигуна.

$$P_{ф\text{ікт}} = (Lg * R_{двг} / Lg * \varphi_{уст}) = 7$$

Якщо взято за основну групу  $P_{ф\text{ікт}}$ , то в загальному виді можна записати

$$Z_{умов} = P_{ф\text{ікт}} \cdot (1) \cdot P_{гр}(x_1)$$

$X_1$  – це є характеристика 1-ї групи при вода. Приймаємо  $P_{\text{фickt}} = -1$  для забезпечення перекриття шпindelьного вузла швидкостями. Число ступеней швидкостей:

$$Z_{\text{уMOV}} = 7_1 \cdot 2_6$$

Новий діапазон регулювання за допомогою ступінчастої групи складає: оу становить

$$R_{\text{гp1}} = 1,25^6 = 3,8 = 4$$

Саме тому одержимо нову структурну формулу приводу:

$$Z_{\text{уMOV}} = 7_1 \cdot 2_6$$

### **3.4.2. Модернізація коробки швидкостей**

Шпindelьні бабки ліва і права мають однаковий принцип роботи і розташовані відповідно на лівому і правому супорті.

На корпусі поз.1 шпindelьної бабки закріплені чотири каретки поз.2 з пазами для переміщення бабки в вертикальних напрямних санчата супорта. Мاستило кареток здійснюється за допомогою маслюк поз.4 (через систему підведення мастила).

На підмоторній плиті поз.6 встановлений електродвигун, який через зубчасто-ремінну передачу (шків поз.10 і поз.11, ремінь поз.12) передає обертання шпindelя поз.14. Гвинтами поз.20 проводиться регулювання натягу ремня, при цьому болти поз.21 підмоторной плити відтиснуті.

Задня опора шпindelя являє собою дуплекс поз.25 радіально-упорних підшипників, передня триплекс поз.26 таких же підшипників.

Шпindelьні підшипники регулюються на заводі-виробнику верстата і не вимагають додаткового регулювання в процесі експлуатації. У разі крайньої необхідності споживач може силами висококваліфікованих фахівців вдатися до регулювання. Замовник може звернутися за консультацією на завод-виготовлювач. В кожному окремому випадку буде дана конкретна консультація або відряджений фахівець-наладчик.

До верхнього кінця шпинделя, через шків поз.11 прикріплений пневмоциліндр поз.31, який за допомогою тяги поз.32 здійснює затиск заготовки в патроні верстата .. Контроль затиску заготовки здійснює датчик поз. 33.

Бабка ліва відрізняється від бабки право й введенням в конструкцію пружної муфти з пружним елементом ShA95 / 98 від муфти ROTEX-38 виробництва KTR (Німеччина) в ланцюг підведення крутного моменту від головного двигуна. Змінена конструкція первинного вала редуктора. Змінено конструкцію підмоторної плити в зв'язку з установкою муфти. Одна з кареток забезпечена системою зчитування вимірювальної лінійки осі Z

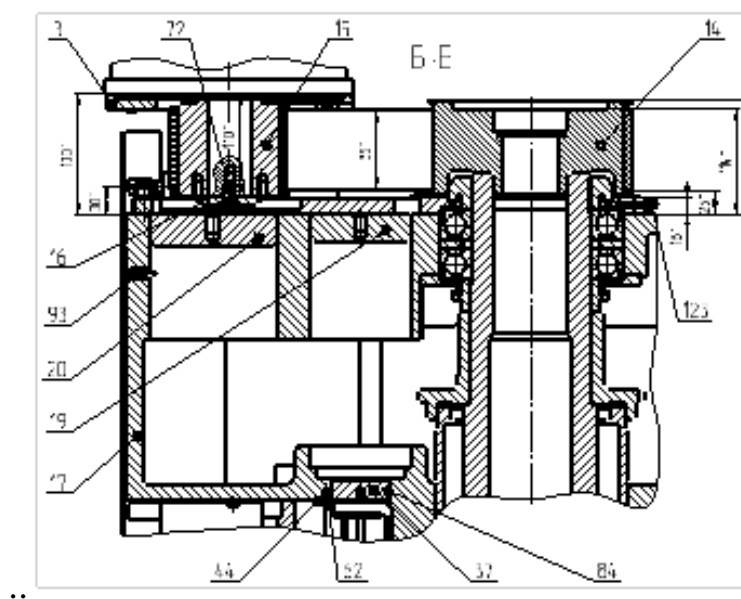


Рис. 3.11. Розміщення зубчастого ременя і шківів

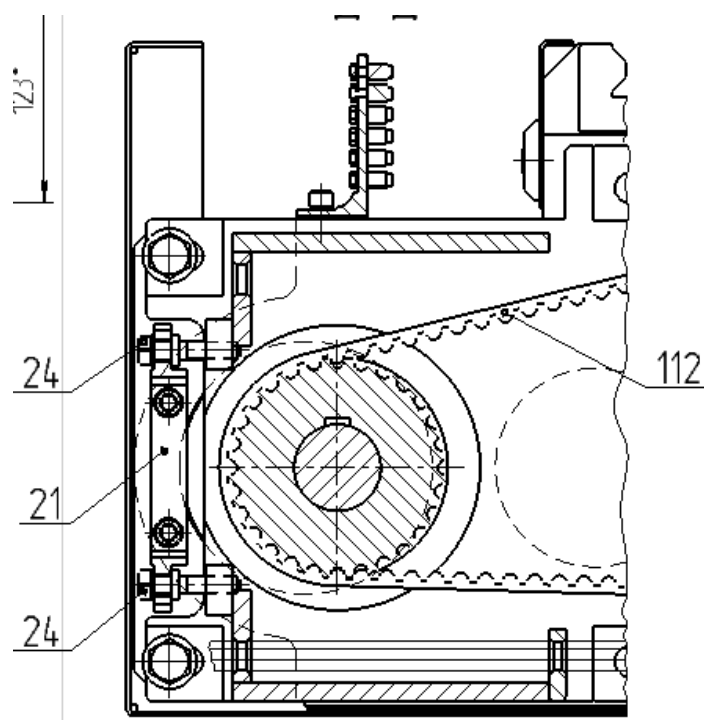


Рис. 3.12. Схема на тяжіння пасової передачі

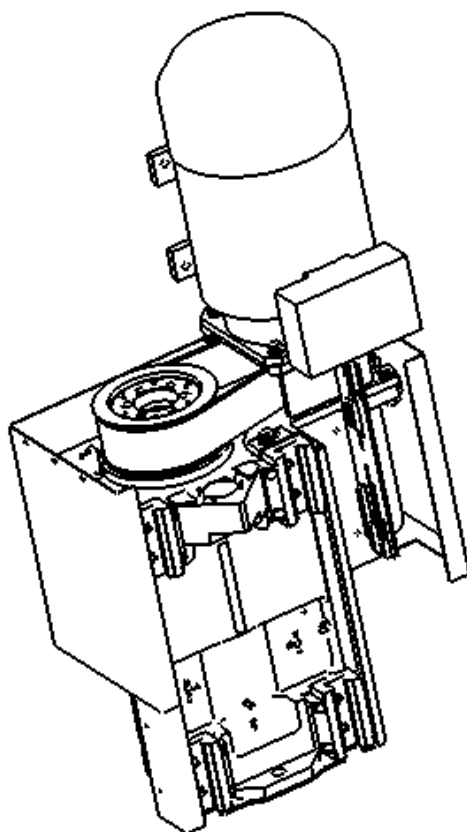


Рис. 3.13. Модернізована шпиндельна бабка (3Д компоновка)



### 3.4.3. Розрахунок зубчасто-пасові передачі

Такі передачі забезпечують стабільність передаточного відношення, тому їх використовують в точних механізмах: газорозподільних двигунів внутрішнього згорання, точних приводах та ін.. У зубчасто-пасовій передачі робочий пас на внутрішньому боці має зубці трапецієвидної форми, а шківи – відповідні їм зубці на обод. Така передача працює за принципом зачеплення, а не тертя. Зубчасто-пасові передачі мають малі габарити, бо відсутнє ковзання паса на шківах. Передачі зможуть забезпечити великі передаточні числа ( $i \leq 12$ ), коефіцієнт корисної дії спроектованої передачі досягає 0,92...0,98, на вали передаються суттєво менші зусилля .

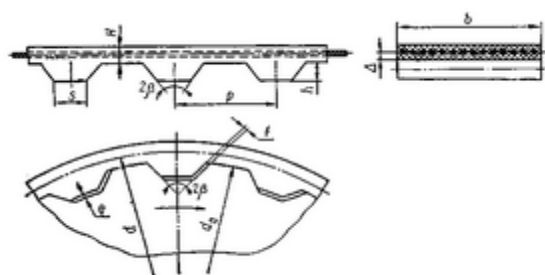


Рис. 3.14. Схема передачі

В верстатобудуванні використовують такі модулі  $m$ , мм; 4; 5;. Мінімальні числа зубців меншого шківа:  $z_t = 16...20$  при  $m - (2...5)$  мм;

Діаметри ділительних кіл шківів

$$d_1 = mz_1; = 200 \text{ мм}$$

$$d_2 = mz_2. 4 \cdot 28 = 112 \text{ мм}$$

Зовнішні діаметри шківів для зубчастих пасів

$$d_{a1} = d_1 + 2\Delta; = 212 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2\Delta; = 124 \text{ мм}$$

Міжосьова відстань  $A = 324$  мм.

## 4. Моделювання роботи механізмів верстата

#### 4.1. Математична модель визначення приведеної жорсткості штокового патрона

При консольному затиску деталі на неї діють сили процесу різання, що викликають в затискному патроні осьові та радіальні відтискання. У процесі затискання заготовки після вибирання кутового зазору між корпусом та плунжером з жорсткістю  $C_K$  додається контактна жорсткість стику  $C_{1-2}$ . Сумарна радіальна приведена жорсткість згідно з врахуванням паралельного та послідовного з'єднання жорсткостей в передавально - підсилюючому механізмі, буде:

$$C_P = \frac{1}{E_1}; \quad \text{де} \quad E_1 = \frac{1}{C'_{23} + C_{23}} + \frac{1}{C_E + (C'_{12} + C_{12})\cos\alpha}.$$

де:  $C_{23}$  та  $C'_{23}$  – контактна жорсткість системи плунжер - заготовка;  $C_{12}$  та  $C'_{12}$  – контактна жорсткість стику корпус - плунжер (рис.2).

Для визначення контактної жорсткості стиків  $C'_{23}$  та  $C_{23}$ ;  $C_{12}$  та  $C'_{12}$  необхідно визначити реакції у точках контакту 1 та 2 штоку та корпуса. З врахуванням контактних деформацій у стиках плунжер - заготовка відтискання на вильоті  $\lambda_p$  буде:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4;$$

де  $y_1$  – деформація деталі під дією сили різання;  $y_2$  – контактні деформації у стику плунжер - деталь;  $y_3$  – контактні деформації у стику корпус патрона - плунжер;  $y_4$  – переміщення за рахунок повороту плунжера в корпусі на кут  $\theta_{12}$ :

$$y_1 = \frac{P_p(\lambda_p + b)}{EI}; \quad y_2 = \theta_{23}(b + \lambda_p); \quad y_3 = \theta_{12}(a + b + \lambda_p + \lambda);$$
$$\theta_{23} = \frac{2(R'_{23} + R_{23})}{C_{23} \cdot b}; \quad \theta_{12} = \frac{2(R'_{12} + R_{12})}{C_{12} \cdot a};$$

де  $\theta_{23}$  та  $\theta_{23}$  – кути повороту у стиках плунжер -деталь та корпус – плунжер відповідно (рис.3). З урахуванням повороту кулачка на кут  $\Delta\gamma$  до контакту з корпусом відтискання на вильоті  $\lambda_p$  буде:

$$y_4 = \Delta\gamma(a + b + \lambda + \lambda_p);$$

де

$$\Delta\gamma = \frac{R_{12} \cdot \cos \alpha}{C_{12} \cdot h} (a + b + \lambda + \lambda_p) - \frac{R'_{12} \cdot \cos \alpha}{C'_{12}}.$$

Відстань точки повороту кулачка від торця патрона:

$$h = \frac{R_{12} \cdot a}{R'_{12} + R_{12}}.$$

Радіальна приведена жорсткість системи патрон-деталь з урахуванням переносу на лінію дії радіальної сили затиску  $T_z$ :

$$\frac{1}{C_p} = \frac{1}{C_{12} + C'_{12}} + \frac{1}{\frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C'_{12}}} + \frac{1}{C_k} + \frac{1}{C_{23} + C'_{23}};$$

Оскільки кут  $\Delta\gamma$  мізерно малий (спряження корпус-плунжер виконано по  $H6/k6$ ), то складовою  $y_3$  можна знехтувати. Радіальна жорсткість  $C_p$  системи патрон-деталь при затисканні нежорсткої кільцевої деталі менша її поворотної жорсткості  $C_{\theta}$ , що визначається співвідношенням моменту зовнішніх сил (сил різання  $M_p$ ) до кута  $\theta$  повороту деталі навколо точки О. Радіальні відтискання в системі патрон-деталь від повороту деталі значно менші величини радіальних переміщень, викликаних силою затискання та різання.

Скориставшись методикою аналізу пружних відтискань в системі патрон – деталь [2], визначимо сумарний кут  $\theta$  повороту деталі, затиснутої у плунжерному патроні від сили різання  $P_p$  при наступних припущеннях: 1) пружно-фрикційний шарнір утворений трьома шарнірами, причому центри їх не співпадають, як це відбувається у цанговому патроні одинарного

затискання; 2) затискний кулачок (елемент) контактує з заготовкою по всій довжині та розглядається як балка на пружній основі, маючи граничний кут повороту, рівний кутовому зазору між заготовкою та кулачком; 3) кутове переміщення у стику корпус- плунжер в штокових патронах відсутній, через те, що радіуси кривизни спряжених поверхонь рівні та кутовий зазор між ними дорівнює нулю, тому вони контактують по всій поверхні та навантаження від складових сил різання розподіляється по усій поверхні контакту; 4) затискний кулачок розглядається як балка на двох опорах; 5) радіальна, поворотна та осьові жорсткості усіх затискних елементів однакова.

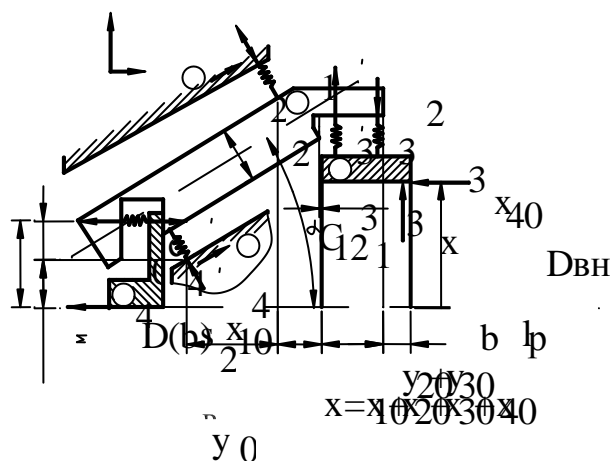


Рис.3.15. Розрахункова схема плунжерного патрона для визначення приведеної жорсткості

У відповідності з розрахунковою схемою (рис.3) та прийнятими припущеннями визначимо відповідні складові сумарного кута повороту та поворотну жорсткість системи патрон - деталь. Кут повороту заготовки  $\theta_{23}$  відносно затискних елементів через різницю контактних деформацій у стику заготовка-затискний елемент:

$$\theta_{23} = \frac{2(R_{23} + R'_{23})}{C_{23} \cdot b} ;$$

де

$$R'_{23} = \frac{1}{b} \left( R_X \frac{D_{BH}}{2} + P_P \lambda_P \right); \quad R_{23} = \frac{1}{2} \left[ P_X \frac{D_{BH}}{2} + P_P (\lambda_P + \lambda) \right];$$

$R'_{23}$  і  $R_{23}$  - реакції у точках контакту заготовки та затискного елемента;

$$P_P = \sqrt{P_y^2 + R_z^2};$$

де  $P_P$  – радіальна та  $P_X$  – осьова складова сили різання. Кут повороту  $\theta_{12}$  у стику корпус – плунжер дорівнює:

$$\theta_{12} = \frac{2(R_{12} + R'_{12})}{C_{12} \cdot a};$$

де

$$R_{12} = \frac{P_P(a + b + \lambda + \lambda_P) + P_X(D_{BH} - d)}{a}; \quad R'_{12} = \frac{P_P(b + \lambda + \lambda_P) + P_X(D_{BH} - d)}{a};$$

Реакції  $R_1$  та  $R_2$  - реакції у точках взаємодії корпусу і кулачка.

Таким чином, отримавши сумарний кут повороту  $\theta = \theta_{23} + \theta_{12}$  системи патрон - деталь для плунжерного патрона. Визначимо її поворотну жорсткість:

$$C_{II} = \frac{M_P}{\theta} = \frac{M_P}{\theta_{23} + \theta_{12}};$$

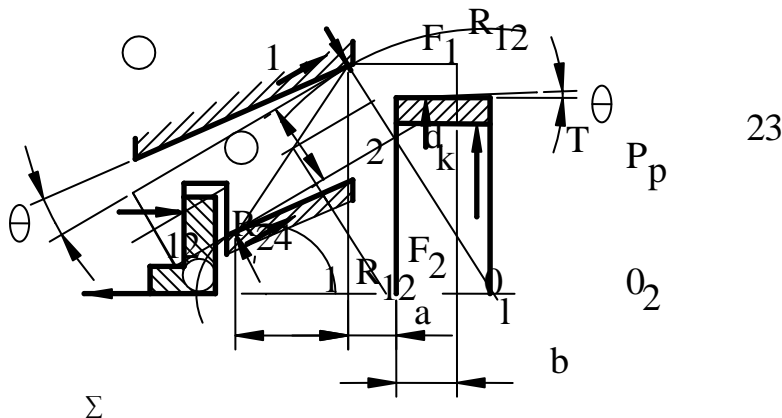


Рис.3. 16.Розрахункова схема плунжерного патрона для визначення силових факторів

Радіальна жорсткість  $C_p$  системи патрона при затисканні нежорсткої деталі менша її поворотної жорсткості  $C_{\theta}$ , що визначається співвідношенням моменту зовнішніх сил (сил різання  $M_p$ ) до кута  $\theta$  повороту деталі навколо точки О. Радіальні відтискання від повороту деталі значно менші величини радіальних переміщень, викликаних силою затискання та різання.

#### **4.2. Розрахунок затискного патрону для першої позиції**

На першій позиції в лівому шпинделі встановлено затискний 3-х штоковий патрон. Штоковий патрон відзначається жорсткістю та надійністю. Патрон складається з корпусу, виконаного з двох частин 5 та 6. В . правому корпусі 5 виконані три отвори під кутом до його осі обертання В цих отворах встановлені три тяги 3. Тяги 3 зв'язані між собою поршнем 4. Поршень поз.4 розміщений всередині корпусу 6 патрона. Він через проушини зв'язаний з тягами 3.

Від осьового повертання поршень 8 фіксується за допомогою шпонки 21, Направляється в корпусі 3 патрона та переміщується в корпусі 3 за допомогою штока 7. Шток 7 зв'язаний з пневматичним приводом верстата., Шток 7 фіксується на ньому в осьовому напрямі гайкою 11. Гайка 11 має два стопорні гвинти 26 та 27..

Тяги 3 на робочому кінці мають затискні елементи в вигляді вкладишів 2. Вкладиші 2 фіксуються гвинтом 14 з розрізною шайбою 15. З торця робоча внутрішня частина патрона закрита кришкою 1. Кришка 1 виконує функцію упора для встановлення деталі.

Загальний вигляд патрону для першого шпинделя приведений на рис. 3.18.

Складемо умову рівноваги деталі в патроні..

Умова 1: Момент від сил затиску  $M_k$  від сил тертя повинен бути більший крутного моменту  $M_p$ , від сили різання.  $M_p$ , повертає заготовку навколо осі обертання:

$$M_k > M_p.$$

Визначимо зусилля, яке необхідно для приводу затискного механізму патрона. Зусилля затиску, яке створюється одним кулачком затискним елементом:

$$W = QK_1 \left(1 + 6af / h\right) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)$$

де  $Q=12000$  Н – зусилля, яке створюється приводом даного верстату по паспорту;

$K_1=1,05$ - коефіцієнт сил тертя в передавальних ланках патрона;

$a = 6$  см – відстань кулачка від середини паза до лінії прикладення сили  $Q$ ;

$h = 121$  – довжина направляючої частини основного кулачка;

$f=0,2$ – коефіцієнт тертя в напрямних в отворах патрона штоків патрона;

$\alpha=20^\circ$  - кут нахилу плунжерної пари;

$\varphi=5^\circ 43'$ - приведений кут тертя поверхні в стику шток -корпус.

$$W = 12000 * 1.5 \left(1 + 6 \frac{6}{12.1} 0.2\right) \operatorname{tg}(15^\circ + 5^\circ 43') = 45129.4 \text{ Н}$$

Сила затиску кулачками всіма затискними елементами :

$$W_{\text{сум}} = W * 3 = 45129.4 * 3 = 15388 \text{ Н}$$

Визначимо діаметр пневматичного циліндра:

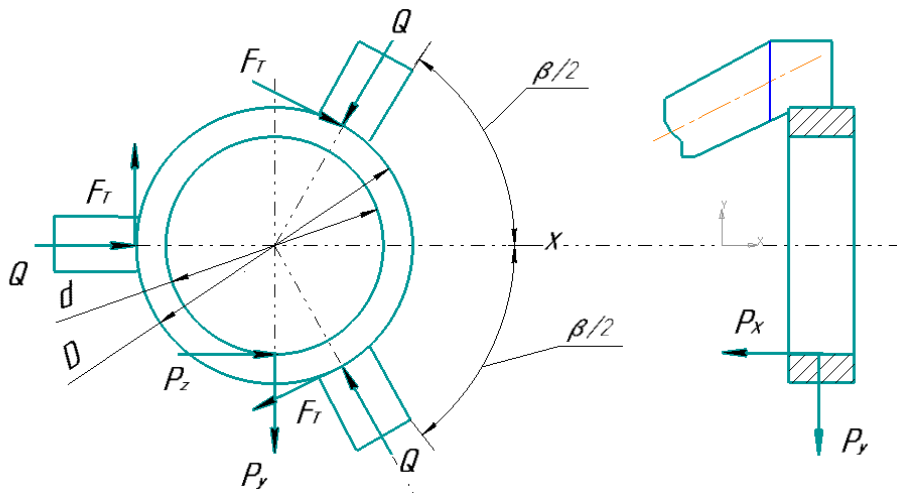


Рис.3.17. Розрахункова схема затискного патрона 1 –го шпинделя

Діаметр робочої поверхні штока визначаємо з формули:

$$d = 0.25 \quad D = 0.25 \cdot 250 = 65 \text{ мм}$$

$[\sigma] = 160 \text{ МПа}$  – допустиме напруження на стискання;

$$W = \frac{\pi}{4} (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{ш}}^2) P h$$

Розраховуємо робочий діаметр циліндр за формулою:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4W}{Ph\Pi} + d_{\text{ш}}^2} = 60 \text{ мм}$$

Приймаємо  $D = 80 \text{ мм}$ . Інші розміри вибираємо за ГОСТ 16683-71 по [6]. Креслення патрону наведено на рис.2.7..

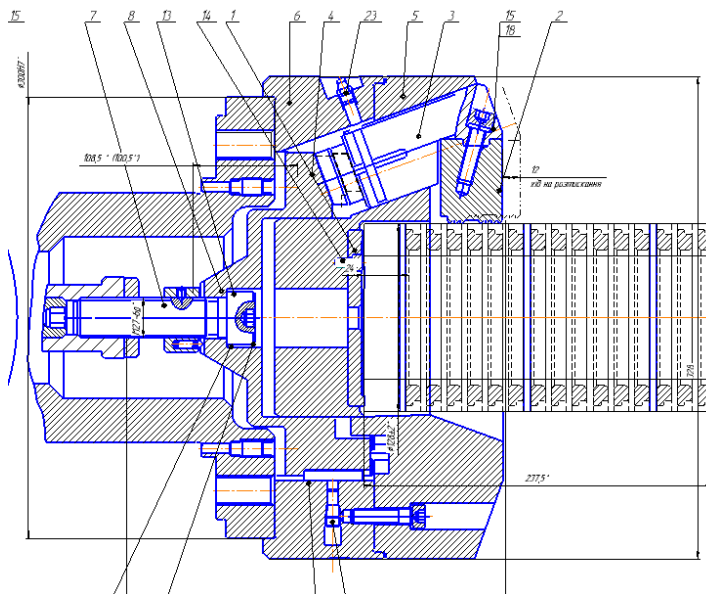




Рис.3.18. Загальний вигляд затискного патрону:

## **2.6. Розрахунок розтискного патрону для шпинделя другої позиції**

Розтискний патрон забезпечує більш високу точність обробки і її стабільність в процесі експлуатації, більш високу надійність і довговічність, може застосовуватися замість цангових оправок і дозволяє здійснити обробку зовнішньої поверхні та торців з одного встановлення.

Відомі з джерел [15] конструкції розтискних патронів для токарної обробки.

Використовується для обробки по зовнішній поверхні розтискна оправка по авторському свідоцтву СРСР № 1604514 . Ця оправка містить один ряд затискних елементів. Оправка має корпус, в якому розміщений шток осьового приводу з 3 клиновими поверхнями взаємодіють затискні кулачки [2]. У корпусі також розміщені штовхачі. Вони жорстко пов'язані зі штоком. Штовхачі мають по кінцях конічні зовнішні поверхні. Ці поверхні взаємодіють з конічними отворами кулачків. Це дозволяє реалізувати переміщення кулачків при розтискуванні.

Використовується [ ] також розтискний патрон з двома рядами затискних елементів. Він має корпус з радіальними отворами для затискних елементів двох рядів. На корпусі розміщено також упор для заготовки. В центральному осьовому отворі корпусу встановлена передня тяга. Тяга ця має клинові поверхні. З ними взаємодіють затискні елементи першого ряду. Середині передньої тяги в отворі розміщена задня тяга. Вона також має клинові поверхні. З ними взаємодіють затискні елементи другого ряду..

При затиску заготовки довжина базового отвору перевершує половину її діаметра. Тому тоді рекомендовано застосовують трьохрядні плунжерні патрони. Для другого шпинделя використовується розтискний патрон плунжерного типу. В таких патронах робочими органами є плунжери.

Плунжери можуть бути круглого, овального або прямокутного поперечного перерізу. Даний патрон має три ряди плунжерів, які переміщуються радіально. Плунжери розташовані в три ряди і осьовому напрямку повернуті відносно один одного на  $120^\circ$ . Радіальне переміщення плунжерів виконується клинами з трьома скосами.

Розтискний патрон складається з фланця. Фланець кріпиться на шпинделі верстата. На фланці гвинтами 31 фіксується корпус 1. Корпус 1 має три ряд отворів. Кожний ряд має по три отвори через  $120^\circ$ . В отворах розміщені кулачки 3. Кулачки 3 переміщуються радіально. Кулачки 3 в радіальному напрямі переміщують штоки 4, 6 та 8. Штоки мають скошення під кутом  $20^\circ$ . Скошення служать для взаємодії з відповідними затискними кулачками. Корпус 1 має з робочого торця кришку 9. Корпус 1 має упор 2 для заготовки. Патрон має три пакета тарільчатих пружин для заїску заготовок.

Патрон працює наступним чином. Тяга 5 переміщується зліва направо. При цьому відбувається деформування по черзі трьох пакетів тарільчатих пружин. Спочатку зтискується пакет, позначений на кресленнях А. Потім зтискується потім пакет Б. Врешті зтискується пакет В. Це призводить до почергового переміщення штоків поз.4, поз.6 та поз.8 вправо. Переміщення відбувається по черзі. Це дозволяє відрізати відрізним різцем кільця від комплектної заготовки по черзі. Це дозволяє звільняти кільця з патрона за допомогою вивантажувача.

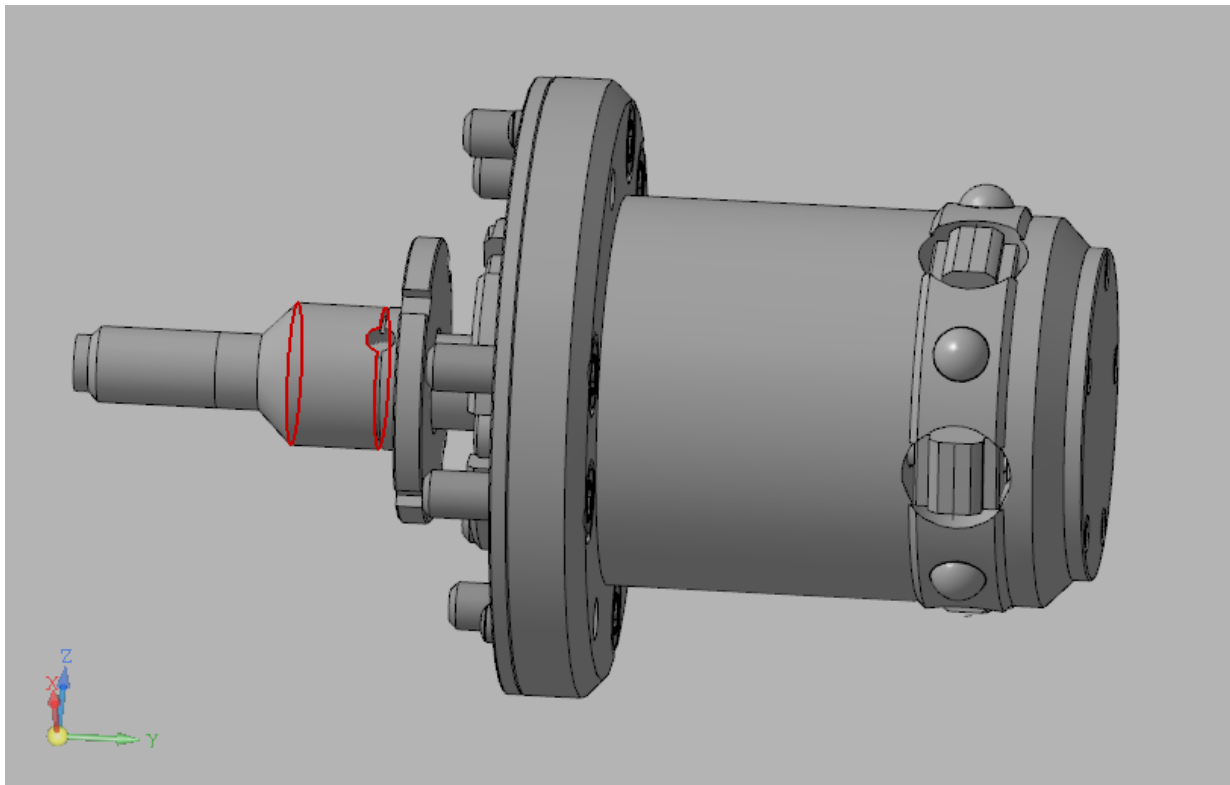


Рис.3.19 Розтискний патрон

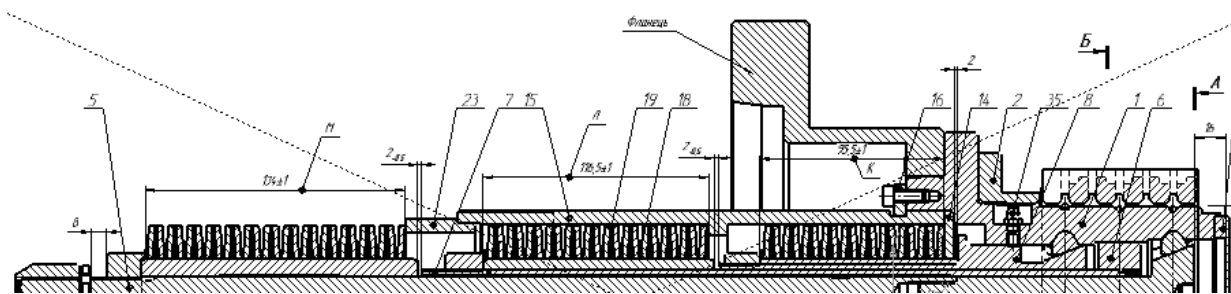


Рис. 3.20. Загальний вигляд розтискного патрона для правого шпинделя.

Діаметр заготовки

$$d_{\text{зов. заг.}} = 46 \text{ мм}$$

$$D_{\text{внут. заг.}} = 38 \text{ мм}$$

Матеріал заготовки: чавун 4Н15Д7 ГОСТ 7769-82,  $\sigma_b = 157 \text{ МПа}$

Матеріал різця: Р6М5

$$\text{Глибина різання: } t = \frac{D_{\text{внут. заг.}} - D_{\text{внут. дет.}}}{2} = \frac{38 - 34}{2} = 2 \text{ мм}$$

$$\text{Подача: } S = 0,3 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо силу різання та швидкість різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н,}$$

$$[V] = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot h^{x_v} \cdot S^{y_v}}$$

для даного техпроцесу (табл.13[1]) та для вибраних умов різання:  
 $C_v=328$ ;  $T_n=60$  для багатоінструментальної обробки;  $m=0,28$   $x_v=0,12$ ;  
 $y_v=0,50$ , якщо  $[S]$  більше 0,30мм/об.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

Коефіцієнт впливу на фізико-механічні характеристики матеріалу для чавунів (табл.14[4]) з урахуванням границі міцності:  $K_{mv} = 1$

$K_{nv}$ —коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання. За табл.19[1] для заготовок, що виготовлені методом прокату  $K_{nv}=0,9$ .

$K_{iv}$ —коефіцієнт, який враховує вплив марки інструментального матеріалу на швидкість різання. При обробці чавунів твердосплавним інструментальним матеріалом марки Т10К6, и  $K_{iv}=1$

Сумарний поправочний коефіцієнт6:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

$$K_v = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9$$

Швидкість різання при точінні:

$$V = \frac{328 \cdot 0,9}{60^{0,28} \cdot 2^{0,12} \cdot 0,35^{0,50}} = 145,9 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя,  $\text{хв}^{-1}$ :

$$n = \frac{1000 \cdot 145,9}{3,14 \cdot 38} = 1222,76 \text{ хв}^{-1}$$

Це значення входить в діапазон регулювання приводу

Максимальне значення сил різання при обробці зовнішньої поверхні

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н,}$$

$$C_p = 30$$

$$x=1, 1, y=0.77, n=0$$

$$K_{\varphi\nu} = 1; K_{\gamma\nu} = 1; K_{\lambda\nu} = 1; K_{rp} = 1 \quad K_{mp} = 1,0$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi\nu} \cdot K_{\gamma\nu} \cdot K_{\lambda\nu} \cdot K_{rp}$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Тоді

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 2^1 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 128,1^0 \cdot 1 = 364,1 \text{ Н}$$

#### 4.4 Розрахунок зусилля затиску заготовки у патроні

В процесі обробки кільця в розтискному патроні на правому шпинделі на нього діє система сил. З боку ріжучого інструменту діють складові сили різання, які прагнуть вирвати заготівлю з кулачків, з іншого - сила затиску перешкоджає цьому. З умови рівноваги моментів даних сил і з урахуванням коефіцієнта запасу визначаються необхідні затискний і вихідне зусилля.

Сумарний крутний момент від дотичній складової сили різання прагне повернути заготівлю в кулачках і рівний для даного прикладу:

$$M_p = (P_z \cdot d_{\text{внут}}/2) + (P_z \cdot d_{\text{внут}}/2) = (2P_z \cdot d_1)/2 = P_z \cdot d_{\text{внут}}/2$$

$$\text{де } P_z - \text{ сила різання, } P_z = 3701 \text{ Н}$$

Тоді підставляємо значення і визначаємо крутний момент:

$$M_p = 370 \cdot 19 = 7030 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Визначаємо момент тертя від сили різання:

$$M_{\text{тр}} = k \cdot M_p$$

де  $M_p$  - момент від сили різання

$$M_{\text{тр}} = 1,5 \cdot 7030 = 10545 \text{ Н}$$

Сила затиску всіма кулачками в патроні:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \cdot P_z \cdot D_1}{f \cdot D}$$

де К - коефіцієнт запасу.

f – величина коефіцієнт атертя на робочих поверхнях кулачків. f=0.16

D<sub>1</sub> - діаметр поверхні різання; D<sub>1</sub>=38 мм.

D - діаметр її поверхні заїскуї; D = 46 мм.

Для даної схеми затиску та базування коефіцієнт запасу; K = 1,5

Тоді

$$W_{\text{сум}} = \frac{1,5 \cdot 364,1 \cdot 38}{0,16 \cdot 46} = 2819,79 \text{ Н}$$

Обчислимо силу затиску на одному кулачку .

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{z}$$

де z – кількість кулачків

Розміщення затискних елементів в три ряди дозволяє рівномірно затискувати заготовку та відрізати її частини при обробці.

## 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «РОЗРОБКА ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОБРОБКИ»

### 4.1. Опис Ідеї проекту

В попередніх розділах дисертації розглянуто вплив розробленої компоновки верстата на продуктивність обробки. Тому нами розроблено стартап. Стартап називається «Розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки». В даному розділі дисертації наведемо аналіз стартап – проекту, який має на меті допомогти продукту (верстату) вийти на ринок і конкурувати з продуктами, які вже зайняли на ньому своє місце.

Найбільш відомі верстатобудівні фірми:

1. Trumpf (Німеччина) , Trumpf, TruPunch, Trubend, Trulaser
- 2.Yamazaki Mazak (Японія ) торгові марки: Mazak;
- 3.Gildemeister (Німеччина ) торгові марки: Gildemeister, Geckel Maho, Gildemeister Italiana;
- 4.Amada (Японія) торгові марки: Amada, Amada Wasino;
- 5.Okuma (Японія) торгові марки: Mori Seiki, Dixi, Mori Seiki Hitech;
- 7.Shenyang (КНР) торгові марки: Shenyang, Schiess;
- 8.Itekt (Японія) торгові марки: Toyota, Koyo
- 9.Schuler (Німеччина) торгові марки: Schuler, Muller-Weingarten, SMG, Grabener, Hydrap;
- 10.MAG (США), торгові марки: Industrial Automation Cincinnati, G&L, Fadal, Cross Hueller, Lamb, XLO;

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст	Н а п р я м к и з а с т о с у в а н н я	В и г о д и д л я к о р и с т у в а ч а
Розробка токарного верстата з ЧПК для комплексної обробки	Підприємства по виготовленню поршневих кілець	1. Покращення надійності продукту

		2. Збільшення попиту на продукт 3. Прискорення розрахунків при проектуванні
	Металообробка	1. Підвищення довговічності і надійності затискного патрону 2. Збільшення часу роботи інструменту затискних патронів
	сільськогосподарське машинобудування	1. Підвищення довговічності і надійності затискних патронів 2. Збільшення часу роботи затискних патронів 3. Зменшення імовірності поломки затискних патронів

В проекті пропонується нова компоновка технологічного обладнання, що використовують при обробці деталі поршневе кільце. Конструкція реалізована шляхом комп'ютерного проектування. Це прискорює процес розрахунків та запобігає виникненню похибок. Похибки могли б виникнути якщо процес проектування проводився в ручному режимі.



Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї. Порівнюємо із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло потенційних конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку. Проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників обладнання: для власної розробки визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 4.2) [39].

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/п	Техніко- економічні характеристи ки ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторон а)	N (нейтра льна сторон а)	S (сильна сторон а)
		Мій проект	Guhring,	Гефест,	Інпрім – М			
1.	Торгівельна марка	немає	є	є	є	+		
2.	Показники довговічност і інструменту	Висок а	Середня	Середня	Середня			+
3.	Показники надійності інструменту	Висок а	Середня	Середня	Середня			+
4.	Патенти на продукти	є	є	є	є		+	
5.	Економічніст ь	Серед ня ціна	Висока ціна	Висока ціна	Середня ціна			+

Після порівняння характеристик проекту з розробками конкурентів був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик і властивостей ідеї потенційного виробу. Це є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Розробка буде захищена патентом на винахід.

#### 4.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Проводимо аудит технології (Конструкції обладнання), за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових. Вони вказані в таблиці 4.3 [39].

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

/a	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Зміна конструкції накопичквача	Технологія виготовлення	Наявні	Так
	Зміна конструкції затискного елемента	Технологія виготовлення	є	Так
	Зміна розташування затискного елемента	Винахід	є	Так
	Зміна конструкції корпусу патрона	Технологія виготовлення	є	Так

Проаналізувавши таблицю, робимо висновок, що проект можна реалізувати за існуючого рівня технології. Саме серед всіх представлених конструкцій новий затискний патрон приведе до найкращих результатів.

#### 4.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап - проекту

В цьому розділі сформулюємо ринкові можливості для використання ринкового впровадження проекту. Також проаналізуємо ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації. Це дозволить спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринку верстатів. А також потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів.

Саме після цього проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 4.4) [39].

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

	Показники стану ринку (	Характеристика
	Кількість головних гравців, од	10
	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	20
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Невелике зростання
	Наявність обмежень для входу (вказати характер	Конкуренція зарубіжних фірм
	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Треба сертифікація
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30%

Можна зазначити, що за попереднім оцінюванням ринок верстатобудування має волатильну динаміку. Попит на запропонований нами продукт - незначний. Саме після цього робимо висновок, що ринок є стабільним, тому треба на ньому закріпитися. Але на ньому вже існують іноземні фірми, які працюють багато років. Вони досить відомі і роблять продукцію хорошої якості. Але саме за рахунок технології нижчої ціни і переваг, верстат є конкурентоспроможними.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5) [39].

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

	Потреба, що формує	Цільоватеристика цільовітсегменти	Відмінностіу поведінцііект уа потенційнихек туа пот груп рупнційн	Вимоги споживачівхдо товару (
	Надійний і недорогий затискний інструмент	Підприємства по виготовленню верстатного оснащення	Надійність, довговічність, час роботи затискних патронів.Ціна є основними факторами, які формують попит	Точність продуктивність, технічна підтримка при експлуатації. Своєчасна доставка затискних

Отже потенційною групою майбутніх споживачів мають стати підприємства по виготовленню верстатів або поршневих кілець, які побачать економічну вигоду у виготовленні за новою технологією та новому обладнанні.

При застосуванні даної конструкції та технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні висококваліфіковані фахівці. Також, повинно своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 5.6) [39].

Таблиця 4.5. Фактори загроз

Ф а к т о р	Зміст загрози	М о ж л и в а з а г р о з а
Конкуренція	Широкий асортимент продукції конкурентів	Доведення на практиці, що що технологія буде економічно вигіднішою, ніж у конкурентів
Старіння	Нові рішення	Моніторинг трендів, постійна модернізація згідно з вимогами ринку
Відсутність попиту на продукцію	задоволення старою технологією	Реклама. Популяризація змін конструкціїприведе до збільшення попиту на продукт.
Постачання	Проблема з комплектуючими	Охоплення нових регіонів
	Не прийняття новизни некваліфікованими кадрами	Спрощення конструкцій. Впровадження постійної підтримки

В таблиці 5.6 наведені фактори загроз які перешкоджають ринковому впровадженню проекту розробленого верстата. Зазначені заходи щодо зменшення його. ].

Таблиця 4.6. Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
1	Науково-технічні	Зміниться технологія виготовлення товару	Впровадить технологію і змінить вартість товару
2	Поява нової роздрібної мережі	Увійти до числа постачальників нової мережі	Зробити акцент на якості продукції
3	Попит	Потреба збільшення надійності і довговічності інструменту	Модернізація продукту, розробка нових ідей
4.	Політико правові	Може вплинути на купівлю/продаж товару.	Зміна напрямків імпорту
5	Економічні	Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.	Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску

В табл. 4.7 оприлюднені фактори, які сприяютьринковому впровадженню проекту. Зазначені вигоди компанія від реакції на той чи інший фактор.

Таблиця 4.7. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Олігополія	В галузі домінує декілька конкуруючих фірм	Виготовлення вдосконаленого товару
2. Національний	Конкуренція фірм на міжнародному рівні	Приведення математичних розрахунків про збільшення надійності і стійкості, і вказання різниці в часі обробки
3. Внутрішньогалузева	Виробники виготовляють продукти, які задовольняють одну потребу	Виготовлення товару відмінного в якості, ціні.
4. Товарно-видова	Різноманітні товари для задоволення конкретної потреби	Розробка нових технологій
5. Цінова	Використання ціни як засіб кращих умов збуту	Підвищення якості продукту, за такою ж ціною, що і у конкурентів
6. Марочна	Вказує, яке підприємство відповідальне за готовий продукт	Створення власної марки

В даній таблиці 4.7. проаналізовано ринок збуту продукту. Визначено загальні риси конкуренції на ньому. Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі верстатобудування (таблиця 4.8) [39].

Таблиця 4.8. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	<b>Окума, Махо, TRENS, Gildemeiste</b>	Багато товарів конкурентів	Значення розміру поставок, Диференціація витрат	обсяг закупівель	Цінаконкурентів
Висновки:	Сильна конкуренція прийнятна. Ринок насичений	Присутні можливості входу в ринок за рахунок нової технології та інвестицій.	Треба брати вітчизняну сировину	Вимоги до ціни і якості продукту	Велика кількість аналогів

Головні чинники конкуренції в галузі верстатобудування – це постачальники і споживачі. Значна роль в конкуренції між існуючими виробниками. Висновок: у галузі діє олігополістична конкуренція. Формуємо перелік факторів конкурентоспроможності. Робимо попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 4.9. Факторів конкурентоспроможності

Фактор	Обґрунтування факторів для
--------	----------------------------

	а к т о р у н т у в а н . факторві	конкуркеції
	Надійність	надійність продукту більша ніж у конкурентів
	Довговічність	довговічність продукту, значно більша ніж у конкурентів
	Продуктивність	більша йності і довговічності збільшується час обробки
	Доступність	клієнтів продукт можна швидко придбати на ринку
	Ціна	за можливості зниження ціни на верстат
	Патентна чистота	Запатентоване рішення

Таблиця 4.10. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін  
«Нульові напруження

	Фактор напруження	Бали	Р е й т и н г в порівнянні з КС К						
			-3	-2	-	0	+1	+2	+3
	Надійність	5							
	Довговічність	7							
	Час роботи								
	Якість	6							
	Ціна								



Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін показав, що роботи основні характеристики верстата, за таку ж саму ціну з конкурентами, дає відчутне конкурентне переважання і тому проект стати має досить вагомі підстави стати конкурентоспроможним на ринку.

Далі аналізуємо факторів загроз і можливостей. В таблиці 4.12 викладено сильні та слабкі сторони, ринкових загрози та можливості для виходу на ринок. Цей аналіз реалізується на можливих факторів загроз і можливостей. Ринкові загрози та можливості мають певну ймовірність здійснення.

SWOT-аналіз дає можливість визначити стратегію ринкової поведінки. Це необхідно для виведення стартап-проекту на ринок.. [39]

Таблиця 4.11. SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- більший час роботи обладнання ніж у конкурентів;</li> <li>- краща надійність і довговічність;</li> <li>- вища якість виробу;</li> <li>- аналогічна ціна як і у конкурентів;</li> <li>- продукту патентна чистота – дає можливість вважати рішення інноваційним.</li> </ul>	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ринку продукція нова, невідома широкому колу;</li> <li>- постачальників треба сильна рекламна компанія.</li> <li>- заробітку можливість демпінгу зі сторони конкурентів.</li> </ul>
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потреба у багатофункціональності;</li> <li>- постачання</li> </ul> <p>перехід нових постачальників на нашу сторону ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продукт розширення кола постачальників;</li> </ul>	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конкурентів конкуренти випускають ширшу лінійку продукції;</li> <li>- конкурентів поява ще новіших технологій;</li> <li>- бажання вектор інерції споживачів;</li> <li>- замовлень фарс -мажор;</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- збільшення обсягу продаж;</li> <li>- отримання державних замовлень на обладнання;</li> <li>- замовників вихід на іноземні ринки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- підтримку погане сервісне обслуговування</li> </ul>
---	--

Визначені альтернативи аналізуються по термінам, напрямкам та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 4.12. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	термін
	Політика нейтралізації ринкових загроз	Висока	2 роки
	Напрямок компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Достатня	1.5 рік

### Висновки по розділу

Стратегія ринкової комерціалізації стартап - проекту опирається на попит, динаміку ринку та рентабельність роботи на ринку. Конкуренти на даному ринку частіше виробництвом з деякими змінами. Ця зміна передбачає придбання дещо змінених товарів, або зміну ціни на товар. Саме на це і розрахований даний стартап –проект. Бо саме за рахунок вдосконаленого оснащення, технологія та матеріалів покращуються

характеристики обладнання, Воно матиме кращі властивості при роботі порівняно із обладнанням конкурентів.

Саме виконавши це та спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів можна розробити ласну систему збуту та сервісу. При цьому є хороші перспективи впровадження данного продукту на ринок. Бар'єром просування обладнання на ринок є велика кількість конкурентів та товарів-аналогів. Та порівняно із ними інноваційне обладнання спрощує обробку, зменшує похибки. Також надає обладнанню більшу надійність і довговічність. Це все призводить до набуття конкурентоспроможності на ринку.

На підставі вищезазначеного, подальше просування продукту на ринок є доцільним за рахунок сильних сторін продукту і наявного попиту на ринку.

## 5. ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи був розроблений проект двохшпindelного верстат з ЧПК для повної комплексної обробки деталі «кільце» з додатковим обладнанням. Додаткове обладнання включає накопичувач заготовок, маніпулятор, накопичувач готових виробів, вивантажувач, завантажувач, оригінальні затискні патрони для лівого та правого шпинделів.

Розроблено комплект оснащення, включаючи інструмент, розроблені траєкторії руху та керуючі програми для інструментів для лівого та правого шпинделів. Для інструментів розроблена траєкторія та керуюча програма, операційний ескіз.

Виконано розрахунки приводу головного руху.

Виконано силовий розрахунок затискних патронів для лівого та правого шпинделів.

Підготовлені матеріали для подачі заявки на розтискний патрон для отримання патенту на корисну модель або винахід.

По темі дисертації зроблені три публікації. :

## 6. Список літератури

1. Агрегатно-модульне технологічне обладнання: В 3-х частинах. Під ред. Ю. М. Кузнєцова /автор Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Кіріченко А. М. та інші. Кіровоград, 2003. — ч.1 — 422с. — ч.2 — 286с. — ч.3 — 507с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1978. – 559
3. Блюмберг В.А., Зазерский Е.И. Справочник фрезеровщика. – Л.: Машиностроение, 1984. – 288 с., ил.
4. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. Учебное пособие. Издание 2-е. Запорожье.: Изд. ОАО «Мотор Сич», 2004-461с.
5. [Боровик А.І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва](#) К.: Кондор, 2008. - 726 с.
6. Д.Н. Решетов. Детали и механизмы металлоражущих станков. Т.2. М.: Машиностроение, 1972, - 520с.
7. Д.Н. Решетов. Детали и механизмы металлоражущих станков. Т.2. М.: Машиностроение, 1972, - 520с.
8. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технология производства: Учеб. Пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др.; Под. ред. Б.Б. Самотокина. – К.: Выща шк., 1990. – 343 с.: ил.
9. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технология производства: Учеб. Пособие / Р.С. Веселков, Т.Н. Гонтаровская, В.П. Гонтаровский и др.; Под. ред. Б.Б. Самотокина. – К.: Выща шк., 1990. – 343 с.: ил.
10. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. - 3-е изд., перераб. и доп. – Х.:Основа, 1991.- 276 с.:схем.

11. Кузнецов Ю. Н., Волошин В. Н., Неделчева П. М., Эль-Дахаби Ф. В. Зажимные механизмы для высокоскоростной и прецизионной обработки резанием. В двух частях. под. ред. Ю. Н. Кузнецова, — К.: ООО «ЗМОК» — ООО «Гнозис». ч.1, 2009. — 270с.
12. Кузнецов Ю. Н., Волошин В. Н., Неделчева П. М., Эль-Дахаби Ф. В. Зажимные механизмы для высокоскоростной и прецизионной обработки резанием. В двух частях. под. ред. Ю. Н. Кузнецова, — К.: ООО «ЗМОК» — ООО «Гнозис». ч.2, 2010. — 466с.
13. Методические указания и контрольные задания по курсу “Металлорежущие станки” / Сост. Ю.Н. Кузнецов, В.М. Гурко, В.И. Романов. — Киев: КПИ, 1987. — 56 с.
14. Методические указания к самостоятельной работе “Выбор и расчет высокомоментных электродвигателей современных приводов подач” по курсу “Расчет и конструирование станков” /Сост. И.И. Верба, В.А. Шевчук. — К.: КПИ, 1992. — 52 с.
15. Методические указания к самостоятельной работе “Выбор и расчет высокомоментных электродвигателей современных приводов подач” по курсу “Расчет и конструирование станков” /Сост. И.И. Верба, В.А. Шевчук. — К.: КПИ, 1992. — 52 с.
16. Методические указания к самостоятельным по курсу “Металлорежущие станки”. Раздел “Расчет и конструирование станков” /Сост. И.И. Верба, И.Г. Федоренко, С.В. Чикин. — Киев: КПИ, 1989. — 52 с.
17. Методичні вказівки з дисципліни “Промислові роботи” розділ “Робото технічні комплекси” / Укл. Г.О. Спину, І.І. Верба, О.В. Даниленко. — Київ: КПІ, 1999. — 72 с.
18. Приходько В.П. Розрахунок похибок базування з використанням розмірних ланцюгів. 3б.”Вестник Национального технического университета Украины ”Киевский политехнический институт”. Машиностроение. №44, 2003, с.199-201.

19. Проектирование станков и станочных систем: Справочник – учебник в 3-х т.(под общ. Ред. А.С. Проникова. М.: изд-во МГТУ им. Баумана: Машиностроение т.1, 1994. 444с., т.2, 2000 (т1,т2).
20. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с., ил.
21. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы. Справочник. – Машиностроение, 1998. – 512 с., ил.
22. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова.- 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. - 456с., ил.
23. Станки с числовым программным управлением (специализированные) /В.А. Лещенко, Н.А. Богданов, И.В. Вайнштейн и др.; Под общ. ред. В.А. Лещенко. – М.: Машиностроение, 1988. – 568 с., ил.
24. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т. Розрахунок верстатних пристроїв на точність. Навч. посібник. Івано-Франківськ : Факел,1999-187с.
25. Ямрольський Л.С. та ін. Елементи роботи технічних пристроїв і модулі ГВС: Підручник / Л.С. Ямпольський, М.М. Поліщук, М.М. Ткач; За заг. ред. Л.С. Ямпольського. – К.: Вища шк., 1992. – 431 с.: іл.
26. Литвин О.В., Ящук І.Р., Вдовиченко М.В.. Багатокулачковий самоцентруючий патрон. Патент України № 124208, МПК В23В 31/02 (2006.01), заявка №у 2017 10602 від 01.11.2017р., бюл. №6, 26.03.2018 р.
27. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс]: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ; уклад. В. П. Приходько, О. В. Литвин. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22775>.

28. Методичні вказівки до виконання практичної роботи з курсу «Теорія технічних систем». Тема: Застосування асоціативних методів технічної творчості при проектуванні технічних систем для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» [Електронний ресурс] / ТДТУ ім.І.Пулюя; уклад. В.В. Крупа, О. В. Литвин, – Електронні текстові дані (1 файл: 1,24 Мбайт). – Тернопіль: ТДТУ ім.І.Пулюя, 2016. – 51 с. – Назва з екрана. URI (Уніфіцированный идентификатор ресурса):

29. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування верстатного оснащення». «Порядок виконання розрахунково-графічної роботи» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. О. В. Литвин, В. А. Недобой. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,53 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 56 с. – Назва з екрана. URI (Уніфіцированный идентификатор ресурса): <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11127>

30. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування верстатного оснащення». «Варіанти завдань» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. О. В. Литвин, В. А. Недобой. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,24 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 29 с. – Назва з екрана. URI (Уніфіцированный идентификатор ресурса): <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11128>.

31. О. В. Литвин, П.А. Вінницький Розтискний патрон для токарної обробки поршневих кілець компресорів та гідравлічних приводів / XIX міжнародна науково-технічна конференція АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». Матеріали конференції. – Вінниця: ГЛОБУС – ПРЕС, с.65-67.

32. Литвин О. Приведення жорсткості системи патрон –деталь токарного верстата/ О.Литвин, І.Ящук, С.С.Раус // "Наукові нотатки", 2018, - вип.61. -с.97-105.



33. Литвин О.В., Гаврушкевич Н.В. Технологічне оснащення для токарної обробки нежорстких деталей / Матеріали IV-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу: базові процесні інновації – 2018», випуск 4. – Херсон: ХНТУ, 2018. –с.100-102.

34. И.Р. Ящук, С.Б. Паньков, А.В. Литвин. Синтез компоновок зажимных патронов эвристическим методом с использованием нейронных сетей. / Материалы XII международная научно-техническая конференция «Современные проблемы машиноведения» (научные чтения, посвященные Павлу Осиповичу Сухому) 22-23 ноября 2018 г. Гомель / М-во образования Респ.Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т имени П.О.Сухого: под. общ.ред. А.А.Бойко.- Гомель:ГГТУ им.П.О.Сухого, 2018.- с.хх-хх.

35. Walid Ibrahim Alnusirat, Litvin Oleksandr, Ibrahim Farhan Alrefo, Kravez Oleksandr. Tool for researching the dynamic system of metal-cutting machine/ World science № 9(37). September 2018, p. 5-9. DOI: 10.31435/rsglobal\_ws.

36. Ящук И.Р., Литвин А.В. Структурно-морфологический синтез зажимных патронов токарных станков/ Материалы XVIII Международной научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления», Гомель, 26-27 апр. 2018 г. / М-во образования Респ.Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т имени П.О.Сухого: под. общ.ред. А.А.Бойко.- Гомель:ГГТУ им.П.О.Сухого, 2018. -с. 102-105.

37. О. В. Литвин, П.А. Вінницький Розтискний патрон для токарної обробки поршневих кілець компресорів та гідравлічних приводів / XIX міжнародна науково-технічна конференція АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика». Матеріали конференції. – Вінниця: ГЛОБУС – ПРЕС, с.65-67.

38. Вінницький П. А., Литвин О.В. Конфлікт географічних зазначень та торгівельних марок: практика судових рішень в Україні / «Законодавство України у сфері інтелектуальної власності та його правозастосування: національні, європейські та міжнародні виміри»: збірник наукових праць V Всеукраїнської науково – практичної конференції (м. Київ, 28 вересня 2017 р.) - НДІ інтелектуальної власності НАПрН України. –К.: Інтерсервіс, 2017. –с.20-23.

39. Литвин О.В., Вінницький П.А. Використання баз судових рішень щодо експертизи інтелектуальної власності / Законодавство України у сфері інтелектуальної власності та його правозастосування: національні, європейські та міжнародні виміри: збірник наукових праць VI Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів з проблем інтелектуальної власності (м. Київ, 27 вересня 2018 р.) / НДІ інтелектуальної власності НАПрН України. К. : Інтерсервіс, 2018. 158 - 160 с

40..[\[http://www.nordtechno.com/files/450vt.pdf\]](http://www.nordtechno.com/files/450vt.pdf)

## РОЗТИСКНИЙ ПАТРОН ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ КОМПРЕСОРІВ ТА ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДІВ

Сучасне компресоробудування характеризується стрімким зростанням випуску різних типів компресорів та збільшенням ступеня стиснення робочого середовища, потужності та надійності. Це потребує різкого зростання випуску одних з найбільш відповідальних та навантажених деталей компресора, а саме поршневих кілець. Поршневі кільця - це незамкнуті кільця, які з невеликим проміжком (до декількох сотих часток міліметра) посаджені в канавках на зовнішніх поверхнях поршнів в поршневих двигунах (таких як двигуни внутрішнього згоряння або парові двигуни) і поршневих компресорах.

Незважаючи на гадану простоту, технологія виготовлення поршневих кілець є одним із найскладніших завдань машинобудування. Високі вимоги до точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь поршневих кілець покликані забезпечити бездоганне прилягання кільця до стінки циліндра, а також установку канавку поршня з необхідними мінімальними зазорами. Додатковою складністю для металообробки є нежорсткими конструкції кільця. Точність розмірів на основні поверхні по якості 7. Шорсткість зовнішньої циліндричної поверхні кільця  $R_a$  2,5 мкм. Така шорсткість забезпечує хороше притирання до дзеркала циліндра. Шорсткість торцевих поверхонь кільця  $R_a$  0,63 мкм. Поршневі кільця виготовляють з комплектних заготовок на 6-18 кілець з сірого чавуну 4Н15Д7 ГОСТ 7769-82, що має високі механічні властивості, хорошу пружність та зносостійкість.

Для операції токарної обробки зовнішньої поверхні і розрізування комплектної заготовки на окремі кільця використовується інноваційний, розроблений на кафедрі конструювання верстатів та машин, розтискний патрон плунжерного типу. До плунжерних патронів відносяться патрони, у яких безпосередніми робочими органами є плунжери круглого, овального або прямокутного поперечного перерізу. Радіальне переміщення плунжерів, розташованих через 120°, виконується за допомогою клинів з трьома скосами. Коли довжина базового отвору деталі перевершує половину його діаметра (як в даному випадку), застосовують трьохрядні плунжерні патрони.

*Патрон складається з фланця, що кріпиться на шпинделі верстата. На фланці гвинтами фіксується корпус з трьома рядами отворів, кожний ряд має по три отвори. В отворах розміщені кулачки, які переміщуються радіально. З кулачками взаємодіють три штоки. На штоках виконані скоси під кутом 20 град. для взаємодії з відповідними затискними кулачками. Корпус закритий з робочого торця кришкою. На корпусі розміщено упор для розміщення комплектної заготовки на 6 поршневих кілець. Затиск комплектної заготовки відбувається трьома пакетами тарільчатих пружин.*

При переміщенні зліва направо тяги відбувається деформування трьох пакетів тарільчатих пружин 18, спочатку пакет А (27 пружин), потім пакет Б (23 пружини), а врешті пакет В (19 пружин). Це призводить до переміщення штоків вправо по черзі, що дозволяє відрізати інструментом кільця від комплектної заготовки по черзі і звільняти їх з патрона.

*Наявність трьох пакетів тарільчатих пружин дозволяє по черзі, по мірі відрізання заготовок, розтискувати та звільняти по два оброблені поршневі кільця. В розтискному патроні використана пружина тарільчатая 0703 70x35,5x3x5,1 фірми Henrich. При деформації на 0,074 мм – зусилля пружини складає 634 Н, при деформації на 1,05 мм – зусилля пружини складає 9007 Н.*

Виходячи з умови надійності закріплення оброблювальної деталі, необхідно щоб виконувались наступні умови:

$$M_{tp} \geq M_p,$$

де  $M_{mp} = Wf \frac{D}{2}$  – момент всіх сил тертя, діючих на поверхні діаметра  $D$  закріплення деталі, відносно її осі,  $W$ -сумарне зусилля затиску,  $f$ - коефіцієнт тертя на кулачках; якщо використовується три ряди плунжерів, то

$$M_{mp} = M_{mp1} + M_{mp2} + M_{mp3}$$

Розроблена та теоретично досліджена роботоспроможна конструкція розтискного плунжерного патрона для закріплення комплектної заготовки поршневих кілець, що значно підвищує продуктивність та точність обробки деталей масової номенклатури таких як поршневі кільця двигунів, компресорів та ін.